

Lebensmittel-Nebenströme als unterschätzte Ressource – eine Literaturübersicht

Jeanine Ammann¹, Nicole Wiedmann¹, Raxa Manixab² und Carole Liechti¹

¹Agroscope, Forschungsgruppe ökonomische Modellierung und Politikanalyse, Tänikon, Schweiz

²Agroscope, Forschungsgruppe Humanernährung, Sensorik und Aroma, Liebefeld, Schweiz

Auskünfte: Jeanine Ammann, E-Mail: jeanine.ammann@agroscope.admin.ch

<https://doi.org/10.34776/afs17-106> Publikationsdatum: 20. April 2026



In der Lebensmittelherstellung fallen entlang der ganzen Wertschöpfungskette Verluste an.

Foto: KI-generiert. © 123rf.com, 2026

Zusammenfassung

Noch immer fallen entlang der Lebensmittelwert-schöpfungskette beträchtliche Verluste an. Besonders interessant sind dabei die Nebenströme, also Lebensmittel (-zutaten), die verwert- und verwendbar wären, derzeit aber nicht für die menschliche Ernährung genutzt werden. Im Rahmen einer Literaturstudie haben Forschende von Agroscope zwei Forschungsdatenbanken nach relevanten Übersichtsarbeiten (Reviews) zu Nebenströmen durchsucht, um den aktuellen Wissensstand zu diesem Thema zu ermitteln. Dabei wurde untersucht, welche Nebenströme derzeit anfallen und genutzt werden, woher die Nebenströme stammen, wie sie auf dem Markt aufgenommen werden und was allfällige Hürden für die Verwertung sind. Für die Analyse wurden schlussendlich 52 Reviews berück-

sichtigt. Die Resultate zeigen, dass derzeit ein starker Fokus auf der Nutzung von pflanzlichen (im Vergleich zu tierischen) Nebenströmen liegt. Zahlreiche wissenschaftliche Publikationen beschäftigen sich mit der Nutzung von Nebenströmen, wohingegen Fragen z.B. zur geeigneten Extraktion oder Anwendungen (einzelne Komponenten aus Nebenströmen extrahieren und in Lebensmitteln einsetzen) offen sind. Für die weitere Entwicklung ist es von zentraler Wichtigkeit, dass nicht nur wissenschaftliche Daten, sondern auch solche aus der Industrie verfügbar sind, um die Verwertung von Nebenströmen weiter voranzutreiben.

Key words: umbrella review, food waste, side stream, up-cycling, food industry.

Einleitung

Etwa ein Drittel aller produzierten Lebensmittel weltweit geht entlang der Lebensmittelwertschöpfungskette verloren (FAO, 2011). Diese Verluste wirken sich negativ auf die Umwelt aus, da die bei der Produktion bereits investierten Ressourcen und damit auch Emissionen ebenfalls verschwendet werden (Scherhauser *et al.*, 2018).

Ein besonders interessanter Aspekt bei der Lebensmittelverschwendung sind sogenannte Nebenströme, also Lebensmittel (-zutaten), die verwert- und verwendbar sind, in der Regel aber weggeworfen werden. In der Schweiz werden jedes Jahr rund 2,8 Millionen Tonnen Lebensmittel verschwendet, darunter etwa eine Million Tonnen aus Nebenströmen der Lebensmittelindustrie (Beretta & Hellweg, 2019; Salvatore *et al.*, 2024). Diese Lebensmittel-Nebenströme, die häufig eine vorteilhafte gesundheitliche und ernährungsphysiologische Zusammensetzung aufweisen, bleiben in der Schweiz weitgehend ungenutzt (Salvatore *et al.*, 2024). Ihre Valorisation zu neuen Produkten kann Lebensmittelabfälle reduzieren, eine Kreislaufwirtschaft unterstützen und sowohl die sensorischen als auch die ernährungsphysiologischen Eigenschaften von Lebensmitteln verbessern (Peydayesh & Bieri, 2025; Salvatore *et al.*, 2024).

Nebenströme aus landwirtschaftlichen und industriellen Lebensmittelprozessen bilden eine grosse Herausforderung bezüglich Nachhaltigkeit weltweit (Garcia-Garcia *et al.*, 2017). Mittels Upcycling können Nebenprodukte und Reststoffe wieder in höherwertige Lebensmittel (-produkte) umgewandelt und für KonsumentInnen zugänglich gemacht werden und damit ein Teil der Lebensmittelverschwendung verhindert werden

(Lu *et al.*, 2024; Rakesh & Mahendran, 2024). In den letzten Jahren gab es zahlreiche Forschungsarbeiten und Studien, in denen die Nebenprodukte und ihre Verwendung in Lebensmitteln analysiert wurden. Forschende von Agroscope haben deshalb mittels Literaturanalyse genauer untersucht, welche Nebenströme derzeit anfallen und genutzt werden, woher die Nebenströme stammen, wie sie von den KonsumentInnen aufgenommen werden und was allfällige Hürden bei der Verwertung sind.

Methode

Zu den Themen *Nebenströme* und *Upcycling* wurde in den letzten Jahren viel geforscht. Deshalb wurde in der vorliegenden Studie ein sogenannter Umbrella Review, also eine Literaturstudie über Reviews (Literaturstudien) durchgeführt, die zum Ziel hat, die vorliegenden Resultate aus bereits durchgeführten Literaturstudien zusammenzufassen, um einen Überblick zu schaffen und Forschungslücken zu identifizieren.

Im März 2025 wurde die Literatursuche durchgeführt. Durchsucht wurden die zwei Datenbanken PubMed und Scopus. Gesammelt wurden alle englischsprachigen Reviews aus der ganzen Welt, die bis und mit 2024 publiziert wurden und sich mit den Themen *Nebenströme* und *Upcycling* befassen. Dazu wurden die Suchbegriffe wie in Abbildung 1 dargestellt verwendet.

Mittels der ausgewählten Suchbegriffe wurde sichergestellt, dass es sich um Lebensmittelanwendungen handelt (food), dass es um die Zielgruppe der KonsumentInnen geht (consumer), dass der Fokus auf Nebenströ-

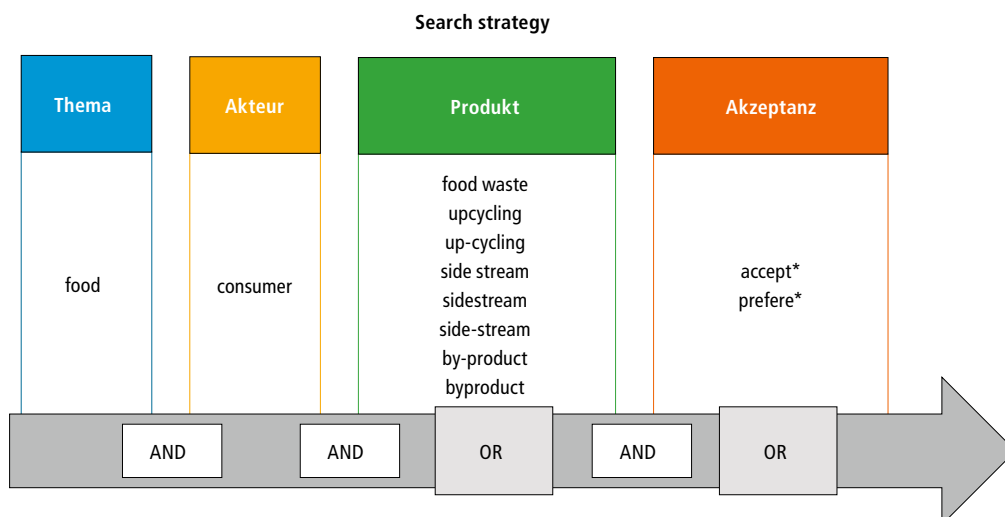


Abbildung 1 | Suchbegriffe, die für den Umbrella Review verwendet wurden.

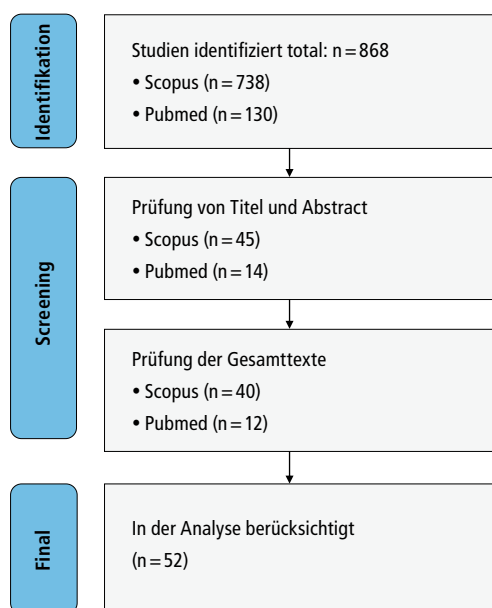


Abbildung 2 | Übersicht über die einzelnen Schritte der Literatursuche

men/Upcycling ist (food waste, upcycling, side-stream etc.) und dass auch der Aspekt der Konsumentenakzeptanz von Interesse ist (acceptance/preference). Artikel, die sich primär mit Extraktion (-smethoden) oder lebensmitteltechnologischen Aspekten befassten, wurden nicht berücksichtigt.

Die Literatursuche ergab insgesamt 868 Studien, von denen 738 aus Scopus und 130 aus PubMed stammten. Nach dem Entfernen von Duplikaten und der Prüfung

von Titel und Abstract auf Relevanz wurden 59 Publikationen für die nähere Betrachtung mittels Volltextanalyse ausgewählt (45 von Scopus und 14 von PubMed). Nach genauerer Prüfung des Inhalts wurden weitere 7 Publikationen ausgeschlossen, weil sie nicht mit den Einschlusskriterien übereinstimmten. Damit blieben insgesamt 52 Reviews übrig, welche im Rahmen dieser Untersuchung genauer analysiert wurden (Abbildung 2).

Ein steigendes Interesse

Abbildung 3 zeigt die zeitliche Verteilung der identifizierten Publikationen. Das Thema oder zumindest die Nomenklatur ist relativ neu, denn die jüngste Publikation stammt aus dem Jahr 2017. Weiter ist eine klare Zunahme über die Zeit erkennbar, was darauf hindeutet, dass das Interesse und die Forschung zum Thema zunehmen. Ähnliche Trends werden auch von anderen Literaturstudien berichtet (z.B. Lu *et al.*, 2024). Es ist aber wichtig, zu beachten, dass hier nur Review Studien, also Studien, welche bereits vorhandene Studien zusammenfassen, berücksichtigt wurden.

Die untersuchten Publikationen wurden in verschiedenen, internationalen Zeitschriften publiziert (siehe Tabelle 1). Am häufigsten wurden die Reviews in den Zeitschriften *Foods* (n=9) und *Molecules* (n=4) veröffentlicht. Über die Zeitschriften und Titel der Publikationen zeigt sich schnell, dass das thematische Spektrum sehr breit ist und von Agronomie (Agronomy) über Lebensmittelverarbeitung (Food Science and Technology), Chemie (Chemistry, *Molecules*) bis hin zu spezifischen Produktgruppen (Beverages) reicht.

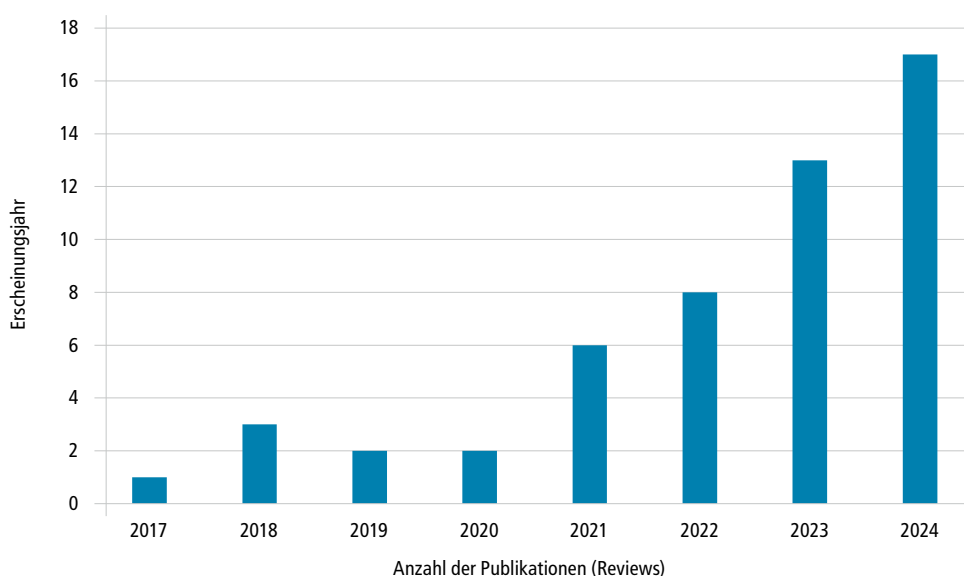


Abbildung 3 | Anzahl Publikationen über die Zeit.

Tabelle 1 | Übersicht über die analysierten Reviews (N = 52) und die untersuchten Nebenströme

#	Publikation	Zeitschrift	Art des Nebenstroms
1	(Alexandre <i>et al.</i> , 2023)	Beverages	Pflanzlich und tierisch: Früchte und Gemüse, Milchprodukte, Hülsenfrüchte und Getreide
2	(Aspevik <i>et al.</i> , 2017)	Topics in Current Chemistry	Tierisch: Tiere aus der Fischerei, Aquakultur, Vieh- und Geflügelsektor
3	(Banerjee <i>et al.</i> , 2018)	Trends in Food Science & Technology	Pflanzlich: Ananas
4	(Basile <i>et al.</i> , 2024)	Journal of Food Science	Pflanzlich: Verschiedene (Rückgewinnung von Polyphenolen und Ballaststoffen mit umweltfreundlichen Technologien)
5	(Chetrariu & Dabija, 2023)	Foods	Pflanzlich: Treber
6	(Darko <i>et al.</i> , 2024)	Foods	Pflanzlich und tierisch: Gemüse, Fisch, Fleisch und Milchnebenprodukte (Gewinnung von funktionellen Inhaltsstoffen, die reich an Proteinen, Ballaststoffen und bioaktiven Verbindungen sind)
7	(Davoudi <i>et al.</i> , 2024)	Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety	Pflanzlich und tierisch: Meeresfrüchte, Vieh- und Geflügel, Pflanzen, Milchprodukte (Rückgewinnung von Proteinhydrolysat)
8	(Durmus <i>et al.</i> , 2024)	Food Science and Nutrition	Pflanzlich: Zitruschalen (Gewinnung bioaktiver Phenolverbindungen)
9	(Ebrahimi <i>et al.</i> , 2024)	Food Research International	Pflanzlich: Zuckerrübenblätter (funktionelle Verbindungen wie Polyphenole, Proteine und Aminosäuren, Lipide und Fettsäuren, Chlorophylle und Ballaststoffe)
10	(Fia <i>et al.</i> , 2022)	Australian Journal of Grape and Wine Research	Pflanzlich: Unreife Trauben aus der Weinproduktion
11	(Fidelis <i>et al.</i> , 2019)	Molecules	Pflanzlich: Fruchtsamen: Apfel, Traume, Granatapfel, Camu-camu, Pflaumen, Jabuticaba, Avocado, Passionsfrucht, Beeren (bioaktive Verbindungen)
12	(Fierascu <i>et al.</i> , 2019)	Molecules	Pflanzlich und tierisch: verschiedene
13	(Garcia-Perez <i>et al.</i> , 2021)	Foods	Pflanzlich: Mandeln (bioaktive Verbindungen)
14	(Granato <i>et al.</i> , 2022)	Trends in Food Science and Technology	Pflanzlich und tierisch: agroindustrielle Nebenströme
15	(Grasso <i>et al.</i> , 2024)	Meat Science	Pflanzlich: Pflanzliche Nebenprodukte als natürliche Zusatzstoffe in verarbeiteten Fleischprodukten
16	(Gullon <i>et al.</i> , 2020)	Molecules	Pflanzlich: Granatapfelschale
17	(Hamzah <i>et al.</i> , 2021)	Agronomy	Pflanzlich: Ananas
18	(Haque <i>et al.</i> , 2023)	PeerJ	Pflanzlich: Verschiedene Früchte und Gemüse
19	(Iriundo-Dehond <i>et al.</i> , 2020)	Biomolecules	Pflanzlich und tierisch: verschiedene
20	(Iriundo-DeHond <i>et al.</i> , 2018)	Nutrients	Pflanzlich: Teile der Kaffeekirsche
21	(Kainat <i>et al.</i> , 2022)	International Journal of Food Properties	Pflanzlich: Früchte und Gemüse
22	(Kalli <i>et al.</i> , 2018)	Bioresources and Bioprocessing	Pflanzlich: Traubentrester
23	(Kamalesh <i>et al.</i> , 2025)	Food Chemistry	Pflanzlich und tierisch: verschiedene (natürliche Pigmente)
24	(Khan <i>et al.</i> , 2023)	Plants	Pflanzlich: verschiedene pflanzliche Quellen (Proteine und bioaktive Verbindungen)
25	(Krajewska & Dziki, 2023)	Molecules	Pflanzlich: Früchte
26	(Lacivita <i>et al.</i> , 2024)	Future Foods	Pflanzlich: Mandeln
27	(Linares & Rojas, 2022)	Frontiers in Nutrition	Pflanzlich und tierisch: verschiedene (Pigmente)
28	(Malekipoor <i>et al.</i> , 2022)	Nutrients	Pflanzlich: Kerne (geschälte Samen) von Lupinen
29	(Mohammed <i>et al.</i> , 2024)	Food Science and Biotechnology	Pflanzlich: Samen der Jackfruit
30	(Moreno-González & Ottens, 2021)	Food Bioprocess Technology	Pflanzlich: Getreide, Wurzeln und Knollen, Ölpflanzen und Hülsenfrüchte, Obst und Gemüse
31	(Nartea <i>et al.</i> , 2023)	Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety	Pflanzlich: Hülsenfrüchte
32	(Nyhan <i>et al.</i> , 2023)	Journal of Agricultural and Food Chemistry	Pflanzlich: Biertreber
33	(Oliver-Simancas <i>et al.</i> , 2024)	Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety	Pflanzlich: Ananas und Papaya
34	(Otero <i>et al.</i> , 2021)	eFood	Pflanzlich und tierisch: Fisch, Krustentiere und Weichtiere, Getreide, Obst und Gemüse
35	(Pérez-Marroquín <i>et al.</i> , 2023)	Foods	Pflanzlich und tierisch: Obst und Gemüse, Milchprodukte, Getreide und Fisch
36	(Piercy <i>et al.</i> , 2022)	Green Chemistry	Pflanzlich und tierisch: Biertreber, Shrimp
37	(Pinela <i>et al.</i> , 2024)	Foods	Pflanzlich
38	(Racioppo <i>et al.</i> , 2021)	Foods	Tierisch: Fischverluste, ungewollte Fische
39	(Rațu <i>et al.</i> , 2023)	Agriculture	Pflanzlich: Agrar- und Lebensmittelnebenprodukte (Obst, Gemüse)
40	(Ronie <i>et al.</i> , 2024)	Waste Management Bulletin	Pflanzlich: Pflanzliche Nebenprodukte
41	(Rudke <i>et al.</i> , 2023)	Food and Bioprocess Technology	Pflanzlich: Pfirsichverarbeitung (Trester, Schalen, Kerne)
42	(Saberian <i>et al.</i> , 2024)	Future Foods	Pflanzlich: Biertreber
43	(Salvatore <i>et al.</i> , 2024)	Future Foods	Pflanzlich und tierisch: Verschiedene
44	(Sasidharan <i>et al.</i> , 2024)	Environmental Science and Pollution Research	Tierisch: Thunfisch
45	(Tarchi <i>et al.</i> , 2024)	Food Bioscience	Pflanzlich: Früchte, Getreide
46	(van Walraven & Stark, 2024)	Critical Reviews in Food Science and Nutrition	Pflanzlich: Cashewapfel-Trester
47	(Venugopal & Sasidharan, 2022)	Frontiers in Nutrition	Tierisch: Fischereiabfälle und Beifang
48	(Vilas-Boas <i>et al.</i> , 2021)	Foods	Pflanzlich und tierisch: Verschiedene (bioaktive Verbindungen)
49	(Wang <i>et al.</i> , 2024)	Food Chemistry: X	Pflanzlich: Traubentrester aus der Weinherstellung
50	(Zhang <i>et al.</i> , 2024)	Sustainable Food Technology	Pflanzlich: Melonensamen
51	(Zou <i>et al.</i> , 2023)	Frontiers in Marine Science	Tierisch: Nebenprodukte aus der Verarbeitung von Krustentieren und Muscheln
52	(Zuniga-Martinez <i>et al.</i> , 2022)	Foods	Pflanzlich: Früchte

Hinweis. Für einfachere Lesbarkeit sind pflanzliche Quellen in grün, tierische Quellen in rot und gemischte Quellen ohne farbliche Kennzeichnung dargestellt.

Quellen der Nebenströme

Im Rahmen der 52 identifizierten Reviews wurde untersucht, aus welchen Lebensmittelgruppen die erwähnten Nebenströme stammen. Abbildung 4 zeigt, dass es sich mehrheitlich um pflanzliche Quellen handelt. Bei genauerer Betrachtung wird zudem ersichtlich, dass bei den pflanzlichen Quellen der grösste Teil aus Früchten stammt, während Gemüse weniger oft behandelt wird. Ebenfalls häufig sind Nüsse, Getreide und Samen. Da es sich um Reviews handelt, beschäftigen sich viele Publikationen zudem auch mit mehreren Quellen.

Bei der Verwendung von Nebenströmen können entweder die unfraktionierten (direkte Verwendung des Nebenstroms) oder die fraktionierten Produkte (Extraktion spezifischer Inhaltsstoffe) verwendet werden. Nachfolgend sollen einige konkrete Beispiele aus pflanzlichen und tierischen Quellen vorgestellt werden (siehe auch Tabelle 1).

Pflanzliche Quellen

Pflanzliche Quellen werden gemäss Literatur aktuell häufiger genutzt für Nebenströme, als das für tierische Quellen der Fall ist. Ein wichtiger, pflanzlicher Nebenstrom ist Brauerei-Treber. Dieser kann direkt, als Mehl

verarbeitet oder fraktioniert als einzelne Inhaltsstoffe verwendet werden (Chetrariu & Dabija, 2023; Nyhan *et al.*, 2023; Saberian *et al.*, 2024). Aufgrund des Gehalts an Protein, Ballaststoffen und bioaktiven Verbindungen (z.B. phenolische Verbindungen) können Lebensmittel gezielt angereichert und zu funktionellen Lebensmitteln umformuliert werden. Die in der Literatur beschriebenen Anwendungen sind vielfältig und reichen von Gebäck über Paste bis hin zu Joghurt und Würsten.

Weiter können auch fermentative Mikroorganismen aus verschiedenen pflanzlichen Nebenströmen gewonnen werden. Diese können anschliessend in der Produktion fermentierter Getränke eingesetzt werden (Alexandre *et al.*, 2023). Verschiedene Studien beschreiben zudem, wie spezifische Inhaltsstoffe gewonnen werden. Hierzu zählen beispielsweise antioxidative Verbindungen aus der Ölindustrie (Fierascu *et al.*, 2019), natürliche Pigmente (Kamalesh *et al.*, 2025) oder Xylitol und Bromelain aus der Ananasverarbeitung (Banerjee *et al.*, 2018; Hamzah *et al.*, 2021; Oliver-Simancas *et al.*, 2024). Generell können aus Früchten, Gemüse und anderen pflanzlichen Produkten Mikronährstoffe (z.B. Mineralstoffe oder Vitamine) gewonnen werden, die dann als natürliche Zusatzstoffe in der Lebensmittelindustrie (z.B. in ver-

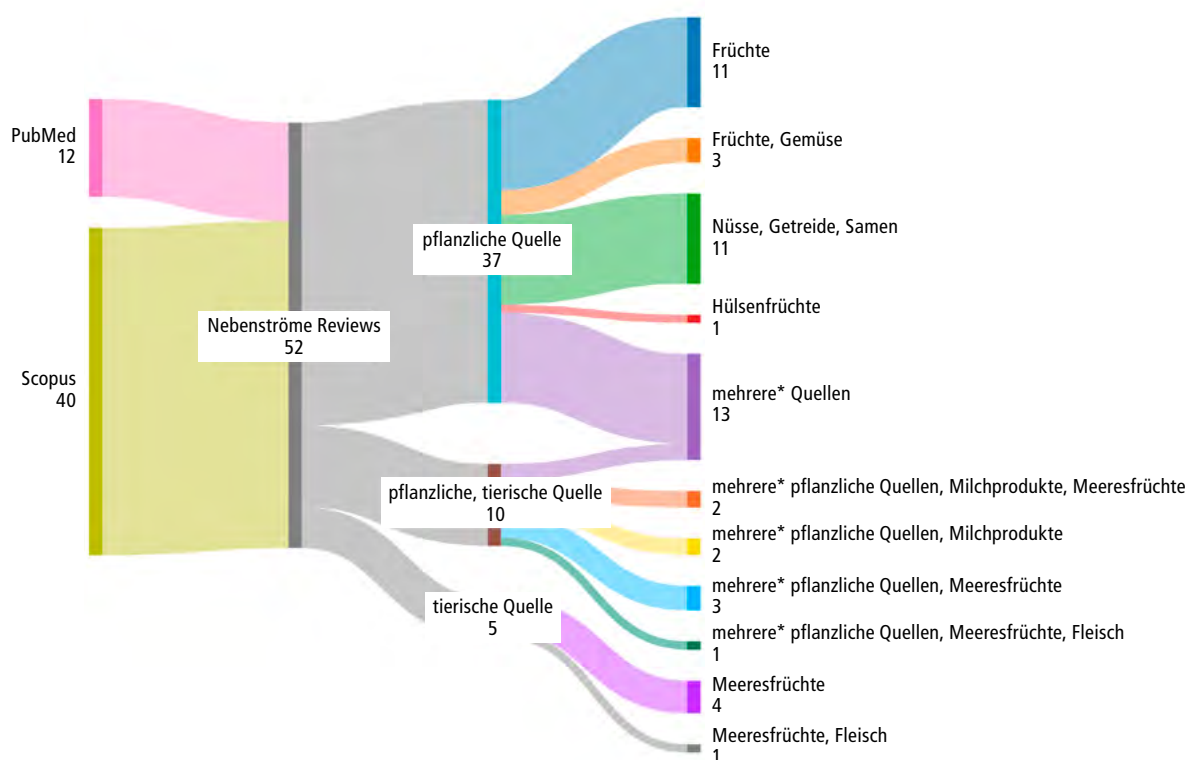


Abbildung 4 | Übersicht über die untersuchten Reviews und die dort behandelten Quellen von Nebenströmen.

*Mehrere Quellen = mehr als drei; Meeresfrüchte = Fisch, Schalentiere, Muscheltiere, Krustentiere;

«Nüsse, Getreide, Samen» = inkl. Cashewnuss Apfel, Samen von Früchten, Kaffeekirsche, Lupinen etc.

beiteten Fleischprodukten) verwendet werden können (Grasso *et al.*, 2024).

Bei den in der vorliegenden Studie untersuchten, pflanzlichen Quellen wird der grösste Teil von Früchten ausgemacht. Von den 52 untersuchten Reviews beschäftigen sich 37 mit Nebenströmen aus Früchten. Dabei geht es primär um die Nebenströme Trester, Schalen und Samen.

Tierische Quellen

Tierische Quellen für Nebenströme werden derzeit weniger häufig untersucht. Wichtige tierische Nebenströme stammen aus der Fischerei, Aquakultur, Tierhaltung und Milchindustrie. Teile von Tieren können entweder direkt (z.B. Innereien) oder verarbeitet (z.B. Fischöl) verwendet werden oder der Extraktion von funktionellen und bioaktiven Verbindungen dienen (Aspevik *et al.*, 2017; Iriondo-DeHond *et al.*, 2018; Pérez-Marroquín *et al.*, 2023). Weiter können beispielsweise auch aus der Schale von Krustentieren Pigmente gewonnen werden (Linares & Rojas, 2022).

Die Nebenströme aus tierischen Quellen stammen hauptsächlich aus Meeresfrüchten (Fisch, Schalentiere, Muscheln, Krustentiere etc.) und Milchprodukten (hauptsächlich Molke und Buttermilch). Weniger thematisiert wird Fleisch. Insgesamt beschäftigen sich nur vier aus den 52 untersuchten Reviews damit. Da bei Fleisch die Lebensmittelverluste aber zu einem grossen Teil auf

Präferenzverluste zurückzuführen sind, wäre das eine besonders interessante Lebensmittelkategorie mit viel Potenzial für die Reduktion von Verlusten.

«*Variety meats and other parts of animals that are traditionally considered edible, such as kidneys, liver and oxtail, can be used directly for human consumption*» (Aspevik *et al.*, 2017)

Dennoch sind es heute diese Stücke, die schwierig zu vermarkten sind. Initiativen wie «nose to tail» versuchen dem entgegenzuwirken aber bisher mit nur wenig Erfolg. Gerade weil das so schwierig ist, werden derzeit tierische Nebenströme und insbesondere solche aus der Fleischverarbeitung häufig für Anwendungen ausserhalb der Lebensmittelherstellung, wie beispielsweise Tierfutter, genutzt.

Die Situation in der Schweiz

Landwirtschaftliche Produkte hängen unweigerlich von ihrem geografischen Kontext ab, da ihre Verfügbarkeit teilweise lokal stark begrenzt ist. Auch im Kontext der Nebenströme ist es wichtig, zu verstehen, wo sie anfallen, da lokale Gesetze einen Einfluss darauf haben, ob und wie diese Produkte verwertet werden können. Nachfolgend soll spezifisch auf den Kontext Schweiz eingegangen werden. Die wichtigsten Ernte-

Tabelle 2 | Anwendungsbeispiele von Nebenströmen

Produkt (Nebenstrom)	Produktion	Anwendung
Weizen (Weizenkleie)	Weizenkleie entsteht beim Mahlen von Weizen. Weizenkleie bildet die harte äussere Schicht des Weizenkorns, die vom Endosperm getrennt wird, aus dem raffiniertes Mehl hergestellt wird.	Unfraktioniert: Flocken als Zutat, Tortillas, Kekse, Muffins, Frühstückscerealien, Nudeln, Riegel, Chips, Cracker, Kaffeeersatz Fraktioniert: Ballaststoffe
Gerste (Gerstenwurzeln)	Gerstenwurzeln bilden sich zu Beginn des Mälzprozesses, wenn die Gerstenkörner in Wasser keimen.	–
Raps (Rapspresskuchen)	Rapskuchen ist der feste Rückstand, der während des Ölgewinnungsprozesses entsteht.	Unfraktioniert: Presskuchen als Zutat Fraktioniert: Proteine
Zuckerrübe (Zuckerrübenpulpe)	Zuckerrübenpulpe ist der faserige Rückstand, der bei der Zuckergewinnung entsteht.	Fraktioniert: Verwertung von Zuckerrübenblätter durch die Extraktion funktioneller Verbindungen wie Polyphenole, Proteine und Aminosäuren, Lipide und Fettsäuren, Chlorophylle und Ballaststoffe als Nahrungsergänzungsmittel und natürliche Lebensmittelzusatzstoffe
Weintrauben (Traubentrester)	Traubentrester sind die bei der Weinherstellung anfallenden Rückstände aus Traubenkernen, Stielen und Schalen.	Unfraktioniert: Pulver als Zutat, Tee, Fruchtrester und Pulver für Kekse Fraktioniert: Lipide, natürliche Pigmente, Ballaststoffe für die Fleischindustrie, verschiedene bioaktive Verbindungen als Lebensmittelzusatzstoffe und Nahrungsergänzungsmittel, bioaktive Verbindungen für Kekse Verwertung unreifer Trauben Verwertung von Samen
Käse (Molke)	Molke entsteht bei der Käseherstellung aus Milch.	Unfraktioniert: funktionelle Getränke Fraktioniert: fermentierte Mikroorganismen für fermentierte Getränke, funktionelle Inhaltsstoffe für die Milchindustrie
Butter (Buttermilch)	Buttermilch entsteht bei der Butterherstellung aus Sahne.	Unfraktioniert: Pulver, Pfannkuchen-Waffel-Mix, Quinoa-Buttermilch-Chips, Käse, Getränk, Eiscreme, Dressing Fraktioniert: funktionelle Inhaltsstoffe für die Milchindustrie

Quellen: (Barukčić *et al.*, 2019; Fernández-Gutiérrez *et al.*, 2017; Hoss *et al.*, 2021; Kelly, 1983; Koistinen *et al.*, 2020; Mosenthin *et al.*, 2016; Saini *et al.*, 2023; Salvatore *et al.*, 2024)

güter in der Schweiz waren im Jahr 2024, gemessen an der landwirtschaftlichen Fläche, Weizen (77 800 ha bzw. 7,5 % der Gesamtfläche), Silo- und Grünmais (49 400 ha bzw. 4,7 %), Gerste (24 800 ha bzw. 2,4 %), Raps zur Speiseölgewinnung (24 300 ha bzw. 2,3 %), Zuckerrüben (16 800 ha bzw. 1,6 %), Körnermais (15 700 ha bzw. 1,5 %) und Reben (13 700 ha bzw. 1,3 %) (Quelle).

Im Review von Salvatore *et al.* (2024), der sich mit Nebenströmen in der Schweiz befasst, wird detailliert die Nutzung von Weizenkleie, Reiskleie, Treber, Gerste, Gelberbsenschalen, Rapspresskuchen, Traubentrester, Aprikosenkerne, Zuckerrüben, Kaffeesatz, Kaffee Silberhäute, Kakaobohnenschalen, Molke und Buttermilch beschrieben. Auch hier sind also die meisten Quellen pflanzlich.

Gemäss Salvatore *et al.* (2024) und ist ein Grossteil der Lebensmittelabfälle der Lebensmittelindustrie auf Nebenströme zurückzuführen. Ausserdem fallen in der Schweiz insbesondere zwei Arten von Nebenströmen an, welche von grosser, mengenmässigen Bedeutung sind. Dies sind einerseits Molke und Buttermilch aus der Milchverarbeitung und andererseits Kleie aus der Getreideverarbeitung (Beretta & Hellweg, 2019).

Für die im Schweizer Kontext relevanten Nebenprodukte werden in der untersuchten Literatur die folgenden Anwendungen beschrieben (Tabelle 2). Die von Salvatore (2024) beschriebenen Anwendungsprodukte sind bereits auf dem Markt erhältlich. Der Artikel enthält auch weitere Informationen zum prozentualen Anteil des Nebenstroms in jedem der Endprodukte.

Akzeptanz und Hürden auf Stufe Konsum

Die Akzeptanz der Konsumentinnen und Konsumenten von Produkten, die aus Nebenströmen hergestellt wurden, stellt eine zentrale Herausforderung für die Nutzung von Nebenströmen dar. Dies ist insbesondere der Fall, da das primäre Ziel dieser Produkte der Konsum durch die breite Öffentlichkeit ist (Grasso & Asioli, 2020). Mehrere Studien weisen darauf hin, dass es mehr Forschung zur Konsumentenakzeptanz braucht (Lu *et al.*, 2024; Mohammed *et al.*, 2024; Moshtaghian *et al.*, 2021; Rakesh & Mahendran, 2024; Stübler *et al.*, 2020; Zhang *et al.*, 2020). Die wenigen Studien, die durchgeführt wurden, beruhen oftmals auf sehr kleinen Stichprobengrössen und lassen kaum generelle Rückschlüsse zu (Iriondo-DeHond *et al.*, 2018).

Dennoch gibt es einige Punkte, die bezüglich Konsumentenakzeptanz beachtet werden sollten. Beispielsweise können Produkte, die aus Nebenströmen produziert wurden, als eklig wahrgenommen werden, wenn sie mit «Abfall» assoziiert werden (Sharma & Deutsch,

2023). Es gilt also, bei der Formulierung zu beachten, dass entweder der Aspekt «Nachhaltigkeit» betont oder das Upcycling eventuell gar nicht erwähnt wird, falls dadurch primär Ekel hervorgerufen werden sollte. Weiter sind solche Upcycling Produkte oftmals neuartig, was dazu führt, dass Neophobia, also die Angst vor neuen Lebensmitteln, eine Hürde für die Konsumentenakzeptanz darstellen kann (Aschemann-Witzel *et al.*, 2022; Sharma & Deutsch, 2023). In dieser Hinsicht kann es vorteilhaft sein, Upcycling Produkte als Zutaten in bestehenden Produkten zu verwenden. Generell scheinen Konsumentinnen und Konsumenten aber offen für Upcycling Produkte, wollen dafür in der Tendenz aber weniger bezahlen als für die konventionellen Produkte (Bhatt *et al.*, 2020). Eine weitere Herausforderung, die sich insbesondere für die Nutzung von Schalen von Früchten und Gemüse stellt, ist die Tatsache, dass genau diese Pflanzenteile oft stärker mit Pestiziden belastet sein können (Bajwa & Sandhu, 2014). Generell schwierig ist ausserdem die Nutzung von Nebenströmen aus der Fleisch- und Fischindustrie (Aspevik *et al.*, 2017). Dies könnte damit zusammenhängen, dass diese Produkte eher mit Keimbelastung oder Pathogenen und daher mit Ekel in Verbindung gebracht werden als es bei pflanzlichen Produkten der Fall ist.

Um die Akzeptanz zu erhöhen, können Upcycling Produkte beispielsweise über ihren Mehrwert beworben werden. Durch die gezielte Zugabe von Nebenströmen kann ein funktionelles Lebensmittel erzielt werden, das sich dann entsprechend über diese funktionelle Eigenschaft bewerben lässt. Auch die wahrgenommene Nützlichkeit der Upcycling Produkte zeigte sich als fördernd für die Konsumentenakzeptanz (Hellali & Korai, 2023). Somit kann es hilfreich sein, zirkuläre Praktiken und die Nachhaltigkeit der Landwirtschaft zu betonen. Eine besonders vielversprechende Konsumentengruppe für Upcycling Produkte sind umweltbewusste Personen (Aschemann-Witzel *et al.*, 2022), da für sie beim Konsum dieser Produkte insbesondere der Aspekt der Nachhaltigkeit durch die Verhinderung der Lebensmittelverschwendung zentral ist. Auch scheinen Frauen diesen Produkten gegenüber offener zu sein als Männer, was wahrscheinlich damit zusammenhängt, dass Frauen in der Tendenz ein höheres Umweltbewusstsein haben (Aschemann-Witzel *et al.*, 2022). Besonders gute Erfahrungen bezüglich der Konsumentenakzeptanz wurden insbesondere bei pflanzlichen Nebenströmen und konkret auch für das Beispiel von Kaffeesatz berichtet (Choe, 2025).

Ganz generell spielen Sensorik und Konsumentenakzeptanz eine zentrale Rolle für die erfolgreiche Etablierung neuer Upcycling Produkte. Wenn ein Produkt nicht

schmeckt oder durch die Zugabe von Nebenströmen nicht mehr schön aussieht oder eine ungewohnte Färbung angenommen hat, können das entscheidende Hürden für die Konsumentenakzeptanz sein. Systematische Produkttests können die erfolgreiche Etablierung eines Produkts auf dem Markt erleichtern (Aspevik *et al.*, 2017).

Schlussfolgerungen

Die Nutzung von Nebenströmen hat grosses Potenzial. Die vorliegende Literaturstudie konnte aufzeigen, was derzeit gemacht wird und wo allenfalls noch Nischen bestehen. Eine wichtige Hürde auf Stufe Konsum ist die Wahrnehmung dieser Produkte. Begriffe wie «upcycling» können dazu beitragen, dass die Produkte als Abfallverwertung wahrgenommen werden. Auch die Verwertung für neuartige Produkte kann schwierig sein, wenn die KonsumentInnen mit Neophobia, also Angst vor Neuem, negativ darauf reagieren.

Dank

Diese Arbeit wurde als Teil des Horizon Europe Projekts WASTELESS (Grant Agreement ID 101084222) durchgeführt und finanziert. Die Autorinnen und Autoren danken Dr. Manika Rödiger für die hilfreichen Anmerkungen zur Publikation.

Literatur

- Alexandre, E. M. C., Aguiar, N. F. B., Voss, G. B., & Pintado, M. E. (2023). Properties of Fermented Beverages from Food Wastes/By-Products [Review]. *Beverages*, *9*(2), Article 45. <https://doi.org/10.3390/beverages9020045>
- Aschemann-Witzel, J., Asiola, D., Banovic, M., Perito, M. A., & Peschel, A. O. (2022). Communicating upcycled foods: Frugality framing supports acceptance of sustainable product innovations. *Food Quality and Preference*, *100*. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2022.104596>
- Aspevik, T., Oterhals, A., Ronning, S. B., Altintzoglou, T., Wubshet, S. G., Gildberg, A., Afseth, N. K., Whitaker, R. D., & Lindberg, D. (2017). Valorization of Proteins from Co- and By-Products from the Fish and Meat Industry. *Top Curr Chem (Cham)*, *375*(3), 53. <https://doi.org/10.1007/s41061-017-0143-6>
- Bajwa, U., & Sandhu, K. S. (2014). Effect of handling and processing on pesticide residues in food- a review. *J Food Sci Technol*, *51*(2), 201–220. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0499-5>
- Banerjee, S., Ranganathan, V., Patti, A., & Arora, A. (2018). Valorisation of pineapple wastes for food and therapeutic applications. *Trends in Food Science & Technology*, *82*, 60–70. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.09.024>
- Barukčić, I., Lisak Jakopović, K., & Božanić, R. (2019). Valorisation of Whey and Buttermilk for Production of Functional Beverages – An Overview of Current Possibilities. *Food Technology and Biotechnology*, *57*(4), 448–460. <https://doi.org/10.17113/ftb.57.04.19.6460>
- Basile, G., De Luca, L., Sorrentino, G., Calabrese, M., Esposito, M., Pizzolongo, F., & Romano, R. (2024). Green technologies for extracting plant waste functional ingredients and new food formulation: A review [Review]. *Journal of Food Science*, *89*(12), 8156–8174. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.17487>
- Beretta, C., & Hellweg, S. (2019). *Lebensmittelverluste in der Schweiz: Umweltbelastung und Vermeidungspotenzial*. ETH, BAFU. https://www.infothek-biomasse.ch/index.php?option=com_a_book&view=book&id=1421:lebensmittelverluste-in-der-schweiz-umweltbelastung-und-vermeidungspotenzial&catid=5:alle&Itemid=155&lang=de
- Bhatt, S., Ye, H., Deutsch, J., Ayaz, H., & Suri, R. (2020). Consumers' willingness to pay for upcycled foods. *Food Quality and Preference*, *86*. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2020.104035>
- Chetrariu, A., & Dabija, A. (2023). Spent Grain: A Functional Ingredient for Food Applications [Review]. *Foods*, *12*(7), Article 1533. <https://doi.org/10.3390/foods12071533>
- Choe, U. (2025). Valorization of spent coffee grounds and their applications in food science. *Curr Res Food Sci*, *10*, 101010. <https://doi.org/10.1016/j.crf.2025.101010>
- Darko, H. S. O., Ismaiel, L., Fanesi, B., Pacetti, D., & Lucci, P. (2024). Current Trends in Food Processing By-Products as Sources of High Value-Added Compounds in Food Fortification [Review]. *Foods*, *13*(17), Article 2658. <https://doi.org/10.3390/foods13172658>
- Davoudi, M., Gavlighi, H. A., Javanmardi, F., Benjakul, S., & Nikoo, M. (2024). Antimicrobial peptides derived from food byproducts: Sources, production, purification, applications, and challenges. *Compr Rev Food Sci Food Saf*, *23*(5), e13422. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13422>
- Durmus, N., Gulsunoglu-Konuskan, Z., & Kilic-Akyilmaz, M. (2024). Recovery, Bioactivity, and Utilization of Bioactive Phenolic Compounds in Citrus Peel [Review]. *Food Science and Nutrition*, *12*(12), 9974–9997. <https://doi.org/10.1002/fsn3.4570>
- Ebrahimi, P., Khamirakar, F., & Lante, A. (2024). Unlocking the biorefinery approaches to valorize sugar beet leaves (*B. Vulgaris* L.) for food industry applications: A critical review [Review]. *Food Research International*, *197*, Article 115145. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.115145>
- FAO. (2011). *Global food losses and food waste – Extent, causes and prevention*.
- Fernández-Gutiérrez, D., Veillette, M., Giroir-Fendler, A., Ramirez, A. A., Fauchoux, N., & Heitz, M. (2017). Biovalorization of saccharides derived from industrial wastes such as whey: a review. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, *16*(1), 147–174. <https://doi.org/10.1007/s11157-016-9417-7>

- Fia, G., Bucalossi, G., Proserpio, C., & Vincenzi, S. (2022). Unripe grapes: an overview of the composition, traditional and innovative applications, and extraction methods of a promising waste of viticulture [Review]. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, *28*(1), 8–26. <https://doi.org/10.1111/ajgw.12522>
- Fidelis, M., De Moura, C., Kabbas, T., Pap, N., Mattila, P., Mäkinen, S., Putnik, P., Kovačević, D. B., Tian, Y., Yang, B., & Granato, D. (2019). Fruit seeds as sources of bioactive compounds: Sustainable production of high value-added ingredients from by-products within circular economy [Review]. *Molecules*, *24*(21), Article 24213854. <https://doi.org/10.3390/molecules24213854>
- Fierascu, R. C., Fierascu, I., Avramescu, S. M., & Sieniawska, E. (2019). Recovery of natural antioxidants from agro-industrial side streams through advanced extraction techniques [Review]. *Molecules*, *24*(23), Article 4212. <https://doi.org/10.3390/molecules24234212>
- García-García, G., Woolley, E., Rahimifard, S., Colwill, J., White, R., & Needham, L. (2017). A Methodology for Sustainable Management of Food Waste. *Waste Biomass Valorization*, *8*(6), 2209–2227. <https://doi.org/10.1007/s12649-016-9720-0>
- García-Perez, P., Xiao, J., Munekata, P. E. S., Lorenzo, J. M., Barba, F. J., Rajoka, M. S. R., Barros, L., Mascoloti Sprea, R., Amaral, J. S., Prieto, M. A., & Simal-Gandara, J. (2021). Revalorization of Almond By-Products for the Design of Novel Functional Foods: An Updated Review. *Foods*, *10*(8). <https://doi.org/10.3390/foods10081823>
- Granato, D., Carochio, M., Barros, L., Zabetakis, I., Mocan, A., Tsoupras, A., Cruz, A. G., & Pimentel, T. C. (2022). Implementation of Sustainable Development Goals in the dairy sector: Perspectives on the use of agro-industrial side-streams to design functional foods [Review]. *Trends in Food Science and Technology*, *124*, 128–139. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.04.009>
- Grasso, S., & Asioli, D. (2020). Consumer preferences for upcycled ingredients: A case study with biscuits. *Food Quality and Preference*, *84*. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2020.103951>
- Grasso, S., Estévez, M., Lorenzo, J. M., Pateiro, M., & Ponnampalam, E. N. (2024). The utilisation of agricultural by-products in processed meat products: Effects on physicochemical, nutritional and sensory quality – Invited Review [Review]. *Meat Science*, *211*, Article 109451. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2024.109451>
- Gullon, P., Astray, G., Gullon, B., Tomasevic, I., & Lorenzo, J. M. (2020). Pomegranate Peel as Suitable Source of High-Added Value Bioactives: Tailored Functionalized Meat Products. *Molecules*, *25*(12). <https://doi.org/10.3390/molecules25122859>
- Hamzah, A. F. A., Hamzah, M. H., Man, H. C., Jamali, N. S., Siajam, S. I., & Ismail, M. H. (2021). Recent updates on the conversion of pineapple waste (Ananas comosus) to value-added products, future perspectives and challenges [Review]. *Agronomy*, *11*(11), Article 2221. <https://doi.org/10.3390/agronomy11112221>
- Haque, A., Ahmad, S., Azad, Z., Adnan, M., & Ashraf, S. A. (2023). Incorporating dietary fiber from fruit and vegetable waste in meat products: a systematic approach for sustainable meat processing and improving the functional, nutritional and health attributes. *PeerJ*, *11*, e14977. <https://doi.org/10.7717/peerj.14977>
- Hellali, W., & Korai, B. (2023). The impact of innovation level and emotional response on upcycled food acceptance. *Food Quality and Preference*, *107*. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2023.104849>
- Hoss, I., Rajha, H. N., El Khoury, R., Youssef, S., Manca, M. L., Manconi, M., Louka, N., & Maroun, R. G. (2021). Valorization of Wine-Making By-Products' Extracts in Cosmetics. *Cosmetics*, *8*(4), 109.
- Iriondo-Dehond, A., Iriondo-Dehond, M., & Del Castillo, M. D. (2020). Applications of compounds from coffee processing by-products [Review]. *Bio-molecules*, *10*(9), 1–20, Article 1219. <https://doi.org/10.3390/biom10091219>
- Iriondo-DeHond, M., Miguel, E., & Del Castillo, M. D. (2018). Food Byproducts as Sustainable Ingredients for Innovative and Healthy Dairy Foods. *Nutrients*, *10*(10). <https://doi.org/10.3390/nu10101358>
- Kainat, S., Arshad, M. S., Khalid, W., Zubair Khalid, M., Koraqi, H., Afzal, M. F., Noreen, S., Aziz, Z., & Al-Farga, A. (2022). Sustainable novel extraction of bioactive compounds from fruits and vegetables waste for functional foods: a review [Review]. *International Journal of Food Properties*, *25*(1), 2457–2476. <https://doi.org/10.1080/10942912.2022.2144884>
- Kalli, E., Lappa, I., Bouchagier, P., Tarantilis, P. A., & Skotti, E. (2018). Novel application and industrial exploitation of winery by-products [Review]. *Biore-sources and Bioprocessing*, *5*(1), Article 46. <https://doi.org/10.1186/s40643-018-0232-6>
- Kamalesh, R., Saravanan, A., Yaashikaa, P. R., & Vijayasri, K. (2025). Innovative approaches to harnessing natural pigments from food waste and by-products for eco-friendly food coloring. *Food Chem*, *463*(Pt 4), 141519. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.141519>
- Kelly, P. (1983). Sugar beet pulp – A review. *Animal Feed Science and Technology*, *8*(1), 1–18. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0377-8401\(83\)90038-X](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0377-8401(83)90038-X)
- Khan, Z. S., Amir, S., Sokač Cvetnić, T., Jurinjak Tušek, A., Benković, M., Jurina, T., Valinger, D., & Gajdoš Kljusurić, J. (2023). Sustainable Isolation of Bioactive Compounds and Proteins from Plant-Based Food (and Byproducts) [Review]. *Plants*, *12*(16), Article 2904. <https://doi.org/10.3390/plants12162904>
- Koistinen, V. M., Tuomainen, M., Lehtinen, P., Peltola, P., Auriola, S., Jons-son, K., & Hanhineva, K. (2020). Side-stream products of malting: a neglected source of phytochemicals. *npj Science of Food*, *4*(1), 21. <https://doi.org/10.1038/s41538-020-00081-0>
- Krajewska, A., & Dziki, D. (2023). Enrichment of Cookies with Fruits and Their By-Products: Chemical Composition, Antioxidant Properties, and Sensory Changes. *Molecules*, *28*(10). <https://doi.org/10.3390/molecules28104005>
- Lacivita, V., Derossi, A., Caporizzi, R., Lamacchia, C., Speranza, B., Guerrieri, A., Racioppo, A., Corbo, M. R., Sinigaglia, M., & Severini, C. (2024). Discover hidden value of almond by-products: Nutritional, sensory, technological and microbiological aspects [Review]. *Future Foods*, *10*, Article 100398. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2024.100398>
- Linares, G., & Rojas, M. L. (2022). Ultrasound-Assisted Extraction of Natural Pigments From Food Processing By-Products: A Review. *Front Nutr*, *9*, 891462. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.891462>
- Lu, P., Parrella, J. A., Xu, Z., & Kogut, A. (2024). A scoping review of the literature examining consumer acceptance of upcycled foods. *Food Quality and Preference*, *114*. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2023.105098>
- Malekipoor, R., Johnson, S. K., & Bhattarai, R. R. (2022). Lupin Kernel Fibre: Nutritional Composition, Processing Methods, Physicochemical Properties, Consumer Acceptability and Health Effects of Its Enriched Products. *Nutrients*, *14*(14). <https://doi.org/10.3390/nu14142845>
- Mohammed, S., Dubey, P. K., Mishra, A. A., & Rahman, S. (2024). Valorisation of jackfruit seed flour in extrusion and bakery products: a review. *Food Sci Biotechnol*, *33*(14), 3167–3180. <https://doi.org/10.1007/s10068-024-01665-2>
- Moreno-González, M., & Ottens, M. (2021). A Structured Approach to Recover Valuable Compounds from Agri-food Side Streams [Review]. *Food and Bioprocess Technology*, *14*(8), 1387–1406. <https://doi.org/10.1007/s11947-021-02647-6>
- Mosenthin, R., Messerschmidt, U., Sauer, N., Carré, P., Quinsac, A., & Schöne, F. (2016). Effect of the desolventizing/toasting process on chemical composition and protein quality of rapeseed meal. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, *7*(1), 36. <https://doi.org/10.1186/s40104-016-0095-7>
- Moshtaghian, H., Bolton, K., & Roust, K. (2021). Challenges for Upcycled Foods: Definition, Inclusion in the Food Waste Management Hierarchy and Public Acceptability. *Foods*, *10*(11). <https://doi.org/10.3390/foods10112874>
- Nartea, A., Kuhalskaya, A., Fanesi, B., Orhotohwo, O. L., Susek, K., Rocchetti, L., Di Vittori, V., Bitocchi, E., Pacetti, D., & Papa, R. (2023). Legume byproducts as ingredients for food applications: Preparation, nutrition, bioactivity, and techno-functional properties. *Compr Rev Food Sci Food Saf*, *22*(3), 1953–1985. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13137>
- Nyhan, L., Sahin, A. W., Schmitz, H. H., Siegel, J. B., & Arendt, E. K. (2023). Brewers' Spent Grain: An Unprecedented Opportunity to Develop Sustainable Plant-Based Nutrition Ingredients Addressing Global Malnutrition Challeng-

- es. *J Agric Food Chem*, **71**(28), 10543–10564. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.3c02489>
- Oliver-Simancas, R., Labrador-Fernández, L., Abellán-Diéguez, C., García-Villegas, A., Del Caro, A., Leyva-Jimenez, F. J., & Alañón, M. E. (2024). Valorization applications of pineapple and papaya byproducts in food industry [Review]. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, **23**(3), Article e13359. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13359>
 - Otero, P., Carpena, M., Fraga-Corral, M., Garcia-Oliveira, P., Soria-Lopez, A., Barba, F. J., Xiao, J., Simal-Gandara, J., & Prieto, M. A. (2021). Aquaculture and agriculture-by products as sustainable sources of omega-3 fatty acids in the food industry [Review]. *eFood*, **2**(5), 209–233. <https://doi.org/10.53365/efood.k/144603>
 - Pérez-Marroquín, X. A., Estrada-Fernández, A. G., García-Ceja, A., Aguirre-Álvarez, G., & León-López, A. (2023). Agro-Food Waste as an Ingredient in Functional Beverage Processing: Sources, Functionality, Market and Regulation [Review]. *Foods*, **12**(8), Article 1583. <https://doi.org/10.3390/foods12081583>
 - Peydayesh, M., & Bieri, A. L. (2025). Circular Economy in Swiss Food Side-streams: A CO₂ Footprint Analysis. *ACS Sustainable Resource Management*, **2**(4), 581–593. <https://doi.org/10.1021/acssusresmgmt.4c00476>
 - Piercy, E., Verstraete, W., Ellis, P. R., Banks, M., Rockström, J., Smith, P., Wirtard, O. C., Hallett, J., Hogstrand, C., Knott, G., Karwati, A., Rasoarahona, H. F., Leslie, A., He, Y., & Guo, M. (2022). A sustainable waste-to-protein system to maximise waste resource utilisation for developing food- and feed-grade protein solutions [Review]. *Green Chemistry*, **25**(3), 808–832. <https://doi.org/10.1039/d2gc03095k>
 - Pinela, J., Añibarro-Ortega, M., & Barros, L. (2024). Food Waste Biotransformation into Food Ingredients: A Brief Overview of Challenges and Opportunities [Review]. *Foods*, **13**(21), Article 3389. <https://doi.org/10.3390/foods13213389>
 - Racioppo, A., Speranza, B., Campaniello, D., Sinigaglia, M., Corbo, M. R., & Bevilacqua, A. (2021). Fish loss/waste and low-value fish challenges: State of art, advances, and perspectives [Review]. *Foods*, **10**(11), Article 2725. <https://doi.org/10.3390/foods10112725>
 - Rakesh, B., & Mahendran, R. (2024). Upcycling of food waste and food loss – A sustainable approach in the food sector. *Trends in Food Science & Technology*, **143**. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.104274>
 - Rațu, R. N., Veleşcu, I. D., Stoica, F., Usturoi, A., Arsenoaia, V. N., Crivei, I. C., Postolache, A. N., Lipșa, F. D., Filipov, F., Florea, A. M., Chițea, M. A., & Brumă, I. S. (2023). Application of Agri-Food By-Products in the Food Industry [Review]. *Agriculture (Switzerland)*, **13**(8), Article 1559. <https://doi.org/10.3390/agriculture13081559>
 - Ronie, M. E., Abdul Aziz, A. H., Kobun, R., Pindi, W., Roslan, J., Putra, N. R., & Mamat, H. (2024). Unveiling the potential applications of plant by-products in food – A review [Review]. *Waste Management Bulletin*, **2**(3), 183–203. <https://doi.org/10.1016/j.wmb.2024.07.008>
 - Rudke, C. R. M., Zielinski, A. A. F., & Ferreira, S. R. S. (2023). From Biorefinery to Food Product Design: Peach (*Prunus persica*) By-Products Deserve Attention [Review]. *Food and Bioprocess Technology*, **16**(6), 1197–1215. <https://doi.org/10.1007/s11947-022-02951-9>
 - Saberian, H., Ghandehari Yazdi, A. P., Nejatian, M., Bazsefidpar, N., Mohammadian, A. H., Rahmati, M., Assadpour, E., & Jafari, S. M. (2024). Brewers' spent grain as a functional ingredient in bakery, pasta, and cereal-based products [Review]. *Future Foods*, **10**, Article 100479. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2024.100479>
 - Saini, P., Islam, M., Das, R., Shekhar, S., Sinha, A. S. K., & Prasad, K. (2023). Wheat bran as potential source of dietary fiber: Prospects and challenges. *Journal of Food Composition and Analysis*, **116**, 105030. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.105030>
 - Salvatore, I., Leue-Rüegg, R., Beretta, C., & Müller, N. (2024). Valorisation potential and challenges of food side product streams for food applications: A review using the example of Switzerland [Review]. *Future Foods*, **9**, Article 100325. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2024.100325>
 - Sasidharan, A., Rustad, T., & Cusimano, G. M. (2024). Tuna sidestream valorization: a circular blue bioeconomy approach [Review]. *Environmental Science and Pollution Research*, **31**(53), 62230–62248. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-28610-w>
 - Scherhauer, S., Moates, G., Hartikainen, H., Waldron, K., & Obersteiner, G. (2018). Environmental impacts of food waste in Europe. *Waste Manag*, **77**, 98–113. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.04.038>
 - Sharma, C., & Deutsch, J. M. (2023). Upcycling in the context of biotechnology-based solutions for food quality, loss, and consumer perception. *Curr Opin Biotechnol*, **81**, 102920. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2023.102920>
 - Stübler, A.-S., Heinz, V., & Aganovic, K. (2020). Development of food products. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, **25**. <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2020.100356>
 - Tarchi, I., Boudalia, S., Ozogul, F., Câmara, J. S., Bhat, Z. F., Hassoun, A., Perestrelo, R., Bouaziz, M., Nurmilah, S., Cahyana, Y., & Ait-Kaddour, A. (2024). Valorization of agri-food waste and by-products in cheese and other dairy foods: An updated review [Review]. *Food Bioscience*, **58**, Article 103751. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2024.103751>
 - van Walraven, N., & Stark, A. H. (2024). From food waste to functional component: Cashew apple pomace [Review]. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, **64**(20), 7101–7117. <https://doi.org/10.1080/10408398.2023.2180616>
 - Venugopal, V., & Sasidharan, A. (2022). Functional proteins through green refining of seafood side streams. *Front Nutr*, **9**, 974447. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.974447>
 - Vilas-Boas, A. A., Pintado, M., & Oliveira, A. L. S. (2021). Natural bioactive compounds from food waste: Toxicity and safety concerns [Review]. *Foods*, **10**(7), Article 1564. <https://doi.org/10.3390/foods10071564>
 - Wang, C., You, Y., Huang, W., & Zhan, J. (2024). The high-value and sustainable utilization of grape pomace: A review [Review]. *Food Chemistry: X*, **24**, Article 101845. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101845>
 - Zhang, G., Li, Z., Liu, L., & Xiang, Q. (2024). Road to valorisation of melon seeds (*Cucumis melo* L.): a comprehensive review of nutritional profiles, biological activities, and food applications [Review]. *Sustainable Food Technology*, **2**(5), 1166–1182. <https://doi.org/10.1039/d4fb00119b>
 - Zhang, J., Ye, H., Bhatt, S., Jeong, H., Deutsch, J., Ayaz, H., & Suri, R. (2020). Addressing food waste: How to position upcycled foods to different generations. *Journal of Consumer Behaviour*, **20**(2), 242–250. <https://doi.org/10.1002/cb.1844>
 - Zou, Y., Heyndrickx, M., Debode, J., Raes, K., de Pascale, D., Behan, P., Giltrap, M., O'Connor, C., Solstad, R. G., Lian, K., Altintzoglou, T., Dragøy, R., Scheers, N., Undeland, I., & Robbens, J. (2023). Valorisation of crustacean and bivalve processing side streams for industrial fast time-to-market products: A review from the European Union regulation perspective [Review]. *Frontiers in Marine Science*, **10**, Article 1068151. <https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1068151>
 - Zuniga-Martinez, B. S., Dominguez-Avila, J. A., Robles-Sanchez, R. M., Ayala-Zavala, J. F., Villegas-Ochoa, M. A., & Gonzalez-Aguilar, G. A. (2022). Agro-Industrial Fruit Byproducts as Health-Promoting Ingredients Used to Supplement Baked Food Products. *Foods*, **11**(20). <https://doi.org/10.3390/foods11203181>