Interreg Vlaanderen-Nederland

Gefinancierd door de Europese Unie

ReJuice

WP3

Samenstelling van chrysanten en bloemenafval

Ing. Robin Wijns

Promotor: Prof. Dr. Ir. Katleen Raes

Januari 2025

UNIVERSITEIT GENT

© Robin Wijns – Katleen Raes – Rejuice project

1. Het ReJuice-project

Het ReJuice project richt zich op het ontwikkelen van duurzame, economisch levensvatbare waardeketens voor de verwerking en het hergebruik van de vloeibare fracties uit groene reststromen. De term “ReJuice” weerspiegelt zowel het verbeterde hergebruik (Re) en de valorisatie van groenafval via een persstap om een vloeibare stroom (Juice) te creëren, als een efficiëntere benadering van het gebruik van hulpbronnen (Reduce). Het project wil innovatieve toepassingen identificeren voor een breed scala aan groene reststromen die veel voorkomen in Vlaanderen en Zuid-Nederland, zoals bermgras, afval van bladgroenten zoals prei en witlof, en bloemenafval.

2. Doel van de taak

Afhankelijk van hun oorsprong wordt verwacht dat groene afvalstromen hoogwaardige moleculen bevatten (bijv. fenolische verbindingen, terpenen, aminozuren) met bioactiviteiten zoals antioxidanten, antimicrobiële stoffen en groeistimulerende eigenschappen. Deze literatuurstudie onderzocht de hoogwaardige moleculen die in bloemenafval voorkomen en mogelijk kunnen worden teruggewonnen met het ReJuice-proces.

3. Chemische samenstelling

Chrysanten zijn meerjarige bloeiende planten die een prominente plaats innemen in de sierteelt en traditionele praktijken. Geroemd om hun levendige bloemen en diverse variëteiten, worden chrysanten wereldwijd geteeld en gewaardeerd, niet alleen vanwege hun esthetische aantrekkingskracht in tuinen en bloemstukken, maar ook vanwege hun traditionele toepassingen in theeën, medicijnen en culturele ceremonies (Sharma et al., 2023).

In de studie van Dutta en Kumar (2022) werd de chemische samenstelling van verschillende soorten bloemenafval geanalyseerd als potentiële kandidaten voor compost- en biobrandstofproductie. Ook werd de chemische samenstelling van gele en oranje chrysanten bepaald. Het bloemenafval werd verzameld uit tempels, waar deze bloemen traditioneel worden geofferd. Dit afval omvatte de volledige bloeiende

plant – bladeren, stengels en bloemen. De verzamelde bloemen werden gewassen met water en 48 uur in de zon gedroogd. De gedroogde monsters werden vervolgens gemalen met behulp van een mixer (Dutta & Kumar, 2022).

Deze studie onderzocht de chemische samenstelling en de mineraalsamenstelling van het bloemafval. Tabel 1 en Tabel 2 presenteren respectievelijk de chemische samenstelling en de mineraalsamenstelling van de gele en oranje chrysanten, evenals de gemiddelde waarden van het gecombineerde bloemenafval van alle andere soorten (Dutta & Kumar, 2022).

Tabel 1. Chemische samenstelling van bloemenafval

Bloem	Vochtgehalte (%, droge massa)	Asgehalte (%, droge massa)	Eiwitgehalte (%, droge massa)	Koolhydraatgehalte (%, droge massa)
Gele chrysant	9,63	9,49	4,13	16,91
Oranje chrysant	9,05	9,79	4,98	20,59
Gecombineerd bloemenafval	10,19	6,52	5,94	37,75

Noot. Overgenomen uit *Characterization of floral waste as potential candidates for compost and biofuel production*, door Dutta & Kumar, 2022.

Tabel 2. Minerale samenstelling van bloemenafval

Bloem	Kalium (mg/kg droge massa)	Calcium (mg/kg droge massa)	Natrium (mg/kg droge massa)	Ijzer (mg/kg droge massa)	Magnesium (mg/kg droge massa)
Gele chrysant	13.573	2730	979	443	480
Oranje chrysant	17.175	3509	829	688	286
Gecombineerd bloemenafval	9338	5100	1217	199	800

Noot. Overgenomen uit *Characterization of floral waste as potential candidates for compost and biofuel production*, door Dutta & Kumar, 2022.

3.1. Koolhydraten

De studie van Dutta en Kumar (2022) analyseerde ook de structurele koolhydraten in gele en oranje chrysanten, evenals in ander bloemafval. De concentraties van deze structurele koolhydraten zijn te vinden in Tabel 3.

Tabel 3. Samenstelling van structurele koolhydraten in bloemenafval

Bloem	Cellulose (%, droge massa)	Hemicellulose (%, droge massa)	Lignine (%, droge stof)
Gele chrysant	28,08	29,81	3,67
Oranje chrysant	29,56	30,52	2,57
Gecombineerd bloemenafval	28,41	38,89	2,99

Noot. Overgenomen uit *Characterization of floral waste as potential candidates for compost and biofuel production*, door Dutta & Kumar, 2022.

Hemicellulose is een belangrijke grondstof voor de productie van biobrandstoffen zoals bio-ethanol vanwege het hoge suikergehalte na hydrolyse. Het wordt ook gebruikt voor de productie van bio plastics (Balat, 2011). Cellulose is het hoofdbestanddeel van papierproducten. Het wordt ook gebruikt voor de productie van biologisch afbreekbare films voor duurzame verpakkingen (Klemm et al., 2005). Lignine is een bijproduct van pulp- en papierprocessen en wordt gebruikt als hernieuwbare energiebron vanwege de hoge calorische waarde. Ligninederivaten worden gebruikt in bodemconditionering en als langzaam vrijkomende middelen voor meststoffen (Laurichesse & Avérous, 2014).

De studie van Bieleski et al. (1992) onderzocht de niet-structurele koolhydraten in de stengels en bladeren van snijbloemen van de breedbladige suikerbos (*Protea eximia*). Zeven koolhydraatfracties werden geïdentificeerd in oplosbare koolhydraatextracten van vers geoogste *P. eximia*-bladeren (in $mg \cdot g^{-1}$ vers gewicht): sucrose (4–6), inositol (± 1), glucose (± 0,3), fructose (± 0,1), raffinose (0,1), oligosachariden (± 2) en polygalatol (25–30) (Bieleski et al., 1992).

Polyolen, zoals polygalatol, helpen bij het handhaven van de cellulaire osmotische balans, vooral onder stressomstandigheden zoals droogte of hoge zoutconcentraties. Ze behouden vocht, wat de textuur en houdbaarheid van producten zoals gebak en snoep verbetert. Polyolen worden gebruikt in huidverzorgingsproducten vanwege hun hydraterende eigenschappen, omdat ze water aantrekken en vasthouden in de huid. Ze kunnen ook dienen als substraten

voor microbiële fermentatie om waardevolle chemicaliën te produceren (Rice et al., 2019).

3.2. Aminozuren

Wetenschappelijke artikelen die specifiek de aminozuursamenstelling in chrysanten en/of het bloemenafval ervan onderzoeken, zijn niet gevonden. Daarom is deze sectie over aminozuren uitgebreid naar andere planten/bloemen en kan deze worden gebruikt als referentie voor de aminozuursamenstelling van chrysanten.

De studie van Slobodianiuk et al. (2021) onderzocht het aminozuurgehalte van *Tagetes lucida* in de bladeren, kruiden en bloemen met behulp van GC-MS. Het plantmateriaal werd gedroogd en gemalen, waardoor extracten konden worden bereid die vervolgens werden geanalyseerd. Vijftien aminozuren werden geïdentificeerd in de bladeren, kruiden en bloemen: glycine, valine, leucine, serine, threonine, isoleucine, proline, asparagine, asparaginezuur, glutaminezuur, cysteïne, fenylalanine, lysine, histidine en tyrosine. In het kruid werd in totaal 8,62 mg vrije aminozuren per gram drooggewicht en 32,91 mg gebonden aminozuren per gram drooggewicht gevonden. In de bloemen werd in totaal 4,32 mg vrije aminozuren per gram drooggewicht en 75,19 mg gebonden aminozuren per gram drooggewicht gevonden. In de bladeren werd in totaal 9,78 mg vrije aminozuren per gram drooggewicht en 100,06 mg gebonden aminozuren per gram drooggewicht gevonden (Slobodianiuk et al., 2021).

In het kruid was het meest voorkomende aminozuur L-proline, met een concentratie van 6,44 mg/g drooggewicht (vrij) en 18,82 mg/g drooggewicht (gebonden). In de bloemen was het meest voorkomende aminozuur ook L-proline, met een concentratie van 1,91 mg/g drooggewicht (vrij) en 21,00 mg/g drooggewicht (gebonden). In de bladeren was het meest voorkomende aminozuur L-isoleucine, met een concentratie van 3,46 mg/g drooggewicht (vrij) en 28,52 mg/g drooggewicht (gebonden) (Slobodianiuk et al., 2021).

Isoleucine wordt gebruikt in sportvoeding en supplementen voor spierherstel en energieproductie. Het wordt ook gebruikt in fermentatieprocessen als stikstofbron voor de productie van farmaceutische verbindingen of bio plastics (Li et al., 2024). Proline is een niet-essentieel aminozuur dat cruciaal is voor de synthese van collageen en een belangrijke rol speelt in de structuur en stabiliteit van eiwitten. Het wordt gebruikt in huidverzorgingsproducten om de elasticiteit van de huid te verbeteren en rimpels te verminderen (Bach & Takagi, 2013).

De studie van Wang (2019) onderzocht de aminozuursamenstelling van *Paeonia ludlowii*-bloemen. De bloemen werden geoogst, gedroogd bij 50°C gedurende 48 uur en vervolgens tot poeder gemalen. De geïdentificeerde aminozuren omvatten Ile, Met, Val, Phe, Thr, Leu, Lys, His, Asp, Ser, Glu, Pro, Gly, Ala, Cys, Tyr en Arg. De totale aminozuurconcentratie was 119,45 mg/g drooggewicht. De drie meest voorkomende aminozuren waren Glu (21,63 mg/g drooggewicht), Asp (13,85 mg/g drooggewicht) en Ala (9,98 mg/g drooggewicht) (Wang, 2019).

Glutaminezuur is een niet-essentieel aminozuur dat een cruciale rol speelt in eiwitsynthese. Glutaminezuur wordt gebruikt voor de productie van mononatriumglutamaat, een smaakversterker die veel wordt gebruikt in de voedingsindustrie (Shangguan et al., 2023). Asparaginezuur is betrokken bij eiwitsynthese en fungeert als neurotransmitter. Het speelt een rol in de ureumcyclus en is essentieel voor de synthese van andere aminozuren, zoals asparagine. Asparaginezuur is een precursor van aspartaam (Appleton & Rosentrater, 2021). Alanine is een niet-essentieel aminozuur dat een sleutelrol speelt in de glucosemetabolisme. Alanine wordt gebruikt in cosmetische formuleringen vanwege zijn hydraterende eigenschappen en het vermogen om de textuur en stabiliteit van producten te verbeteren (P. Liu et al., 2021).

3.3. Andere bioactieve componenten

3.3.1. Fenolische componenten

Fenolische verbindingen vormen een diverse groep van chemische stoffen die worden gekenmerkt door de aanwezigheid van een of meer hydroxylgroepen (-OH) die aan een aromatische ring zijn gebonden. Het zijn secundaire metabolieten die door planten worden geproduceerd en die een essentiële rol spelen in de plantenfysiologie en de interactie met de omgeving. Fenolische verbindingen beschermen tegen herbivoren en microbiële pathogenen dankzij hun antimicrobiële en ontstekingsremmende eigenschappen. Ze vangen ook vrije radicalen weg, waardoor planten worden beschermd tegen oxidatieve stress (Kuljarusnont et al., 2024).

3.3.1.1. Totaal fenolgehalte

In de studie van Benedec et al. (2016) werden twee varianten van *Chrysanthemum balsamita* (balsamita en tanacetoides) onderzocht op hun antioxidantactiviteit en fenolgehalte. De bovengrondse delen van de twee Chrysanthemum-soorten werden verzameld tijdens hun bloeiperiode. Verse bovengrondse plantendelen werden gedurende 24 uur gedroogd bij 35°C, en het gedroogde plantmateriaal werd geëxtraheerd met ethanol in een warmwaterbad bij 60°C. Het totale fenolgehalte (TPC) werd geanalyseerd en uitgedrukt in gram galluszuurequivalent (GAE). De flavonoïdenanalyse werd uitgevoerd met behulp van een spectrofotometrische assay, en de resultaten werden uitgedrukt in gram rutine-equivalent (RE). De resultaten van deze analyse zijn weergegeven in Tabel 4 (Benedec et al., 2016).

Ter vergelijking onderzocht de studie van Ali et al. (2022) het TPC- en flavonoïdegehalte van bloemenafval van *Rosa damascena Mill. var. trigintipetala*. Het bloemenafval werd bij kamertemperatuur lucht gedroogd en vervolgens tot poeder gemalen. Het plantenpoeder werd 24 uur geschud in ethanol bij kamertemperatuur. Met behulp van een spectrofotometrische techniek werd het fenolgehalte van de ethanolische extracten van de plant bepaald en uitgedrukt in gram GAE per 100 g droge stof. Voor het flavonoïdegehalte werd het plantstaal

geëxtraheerd met een water-ethanoloplossing, en de analyse werd uitgevoerd met behulp van spectrofotometrie. De resultaten van deze studie zijn weergegeven in Tabel 5 (Ali et al., 2022).

Tabel 4. Flavonoïde- en TPC-gehalte van twee Chrysanthemum-soorten

Bloem	Flavonoïde-gehalte (g RE/100 g droge massa)	TPC (g GAE/100 g droge massa)
Chrysanthemum balsamita var. balsamita	2,23	4,40
Chrysanthemum balsamita var. tanacetoides	1,19	2,92
Gemiddelde van *Chrysanthemum* varianten	1,71	3,66

Noot. Overgenomen uit *In vitro study of antioxidant activity and phenolic content of Chrysanthemum balsamita varieties*, door Benedec et al., 2016.

Tabel 5. Flavonoïde- en TPC gehalte van *Rosa damascena* Mill. var. trigintipetala

Bloemorgaan	Flavonoïde-gehalte (g RE/100 g droge massa)	TPC (g GAE/100 g droge massa)
Gemiddelde van bladeren, stam, en bloem (verse bloem)	0,82	1,05
Bloemenafval	0,98	1,44

Noot. Overgenomen uit In vitro study of antioxidant activity and phenolic content of Chrysanthemum balsamita varieties, door Ali et al., 2022.

3.3.1.2. Specifieke fenolische componenten

Dezelfde studie van Benedec et al. (2016) onderzocht ook welke fenolische componenten aanwezig waren in de twee Chrysanthemum-soorten. HPLC werd gebruikt om de fenolische derivaten te analyseren, en de verbindingen werden geïdentificeerd door hun retentietijden te vergelijken. Er werden tien fenolische componenten geïdentificeerd, en hun concentraties zijn weergegeven in Tabel 6 (Benedec et al., 2016).

De drie meest voorkomende fenolische componenten waren isoquercitrine, rutine en quercitrine. Isoquercitrine werkt als een antioxidant, ontstekingsremmer en antimicrobieel middel. Het wordt gebruikt in farmaceutische producten vanwege zijn therapeutische eigenschappen en in functionele voedingsmiddelen vanwege zijn

gezondheid bevorderende effecten (Mbikay & Chrétien, 2022). Rutine staat bekend om zijn antioxiderende en ontstekingsremmende eigenschappen. Het wordt vaak gebruikt in farmaceutische producten voor vasculaire gezondheid, in cosmetica voor anti-aging producten en in de voedingsindustrie als een natuurlijke antioxidant toevoeging (Al-Dhabi et al., 2015). Quercitrine vertoont sterke antioxiderende, ontstekingsremmende en antiallergische effecten. Het wordt gebruikt in de farmaceutische industrie voor ontstekingsremmende en immuun ondersteunende formuleringen (Gómez-Florit et al., 2014).

Tabel 6. Fenolische componenten aanwezig in twee Chrysanthemum-soorten

Fenolische component	*Chrysanthemum balsamita var. balsamita* (µg/g droge massa)	*Chrysanthemum balsamita var. tanacetoides* (µg/g droge massa)
Gentisinezuur		<0,2
Cafeïnezuur		<0,2
Chlorogeenzuur	<0,2	<0,2
p-Coumarinezuur	9,83	8,02
Ferulazuur	<0,2	6,58
Isoquercitrine	781	
Rutine	8043	112
Quercitrine	42,91	20,48
Quercetine	26,51	3,39
Kaempferol	30,69	13,45

Noot. De grijs gearceerde secties van de tabel geven fenolische verbindingen aan die niet werden gedetecteerd in die specifieke plantensoort. Overgenomen uit *In vitro study of antioxidant activity and phenolic content of Chrysanthemum balsamita varieties*, door Benedec et al., 2016.

3.3.2. Essentiële oliën

De studie van Hassanpouraghdam et al. (2008) onderzoekt de samenstelling van essentiële oliën van *Chrysanthemum balsamita L.* die hydroponisch zijn geteeld. De bovengrondse delen van de planten werden geoogst tijdens de bloeifase en bij kamertemperatuur gedroogd. De lucht gedroogde bovengrondse delen werden onderworpen aan hydrodestillatie, en de resulterende oliën werden geanalyseerd met behulp van GC-MS. Relatieve percentagehoeveelheden van de bestanddelen van de essentiële olie werden berekend op basis van het totale oppervlak van de

pieken. Identificatie van de componenten in de essentiële olie werd bereikt door hun massaspectra en retentietijden te vergelijken met die van authentieke verbindingen (Hassanpouraghdam et al., 2008).

Hydrodestillatie van de bovengrondse delen van *C. balsamita L.* produceerde een bleekgele vloeistof met een opbrengst van 0,57 (v/w) op basis van drooggewicht. In totaal werden 22 componenten geïdentificeerd. Deze 22 componenten en hun respectievelijke concentraties zijn te vinden in Tabel 7 (Hassanpouraghdam et al., 2008).

Tabel 7. Essentiële oliën aanwezig in *C. balsamita* L.

Essentiële olie component	Relatief %
1,8-Cineol	1,3
α-Thujon	21,3
β-Thujon	2,2
trans-ρ-Mentha-2,8-dienol	3,0
cis-ρ-Mentha-2,8-dienol	1,1
trans-Pinocarveol	0,4
cis-Verbenol	0,5
Borneol	0,4
trans-ρ-Mentha-1(7),8-dien-2-ol	1,8
Myrtenol	0,6
-cis-Piperitol	0,8
trans-Piperitol	1,3
-cis-ρ-Mentha-1(7),8-dien-2-ol	1,8
Carvon	42,5
trans-Carvylacetaat	0,2
cis-Carvylacetaat	0,3
β-Cubeben	2,2
Germacreen D	0,4
β-Bisaboleen	10,6
γ-Cadineen	0,4
Spathulenol	0,3
Viridiflorol	1,0

Noot. Overgenomen uit *Essential oil composition of hydroponically grown Chrysanthemum balsamita L.,* door Hassanpouraghdam et al., 2008.

De meest voorkomende componenten die werden geïdentificeerd, waren carvon, α-thujon en β-bisaboleen. Carvon is een monoterpeen dat bekend staat om zijn kenmerkende muntsmaak. Het heeft antibacteriële, antischimmel- en ontstekingsremmende eigenschappen. In de industrie wordt carvon veel gebruikt bij de productie van geurstoffen (Moro et al., 2018). α-Thujon is een bi cyclisch monoterpeen dat vaak wordt geassocieerd met de geur van salie en alsem. In de industrie wordt α-thujon gebruikt in de smaak- en geursector, vooral bij de productie van essentiële oliën en likeuren (Höld et al., 2000). β-Bisaboleen is een sesquiterpeen met een milde, zoete, houtachtige geur. Het staat bekend om zijn ontstekingsremmende, antimicrobiële en antioxiderende eigenschappen. β-Bisaboleen wordt gebruikt in de parfum- en cosmetica-industrie (Yeo et al., 2015).

3.3.3. Sterolen

In de studie van Wiłkomirski & Dubielecka (1996) werden het totale sterolgehalte en de identificatie van de aanwezige sterolen onderzocht in twee Chrysanthemum-soorten, *Chrysanthemum parthenium var. Aureum* en *C. parthenium var. Schneeball*. Deze analyse werd uitgevoerd in verschillende plantorganen, waaronder lintbloemen, omwindsel, bladeren, stengels, wortels en buisbloemen. De planten werden geoogst, en de verschillende plantorganen werden gescheiden. Vervolgens werden ze gedroogd bij 40°C. Het gedroogde plantmateriaal werd geëxtraheerd met ethanol, en de sterolen werden bepaald met behulp van TLC en GLC. Het totale sterolgehalte voor elk plantorgaan is weergegeven in Tabel 8. De verschillende geïdentificeerde sterolen en hun bijbehorende concentraties zijn te vinden in Tabel 9 (Wiłkomirski & Dubielecka, 1996).

Stanolen, campesterol, sitosterol en stigmasterol zijn sterolen die een sleutelrol spelen bij het verlagen van cholesterolgehalten. Ze hebben ook antioxiderende en ontstekingsremmende eigenschappen (Vahouny et al., 1983). Fucosterol heeft ontstekingsremmende, antioxiderende en antikankereigenschappen. Het bevordert ook de botgezondheid en ondersteunt het lipide metabolisme. Isofucosterol,

vergelijkbaar met fucosterol, vertoont ontstekingsremmende, antioxiderende en lipiden verlagende eigenschappen (Sohn et al., 2021).

Tabel 8. Gemiddeld totaal sterolgehalte in alle plantorganen van twee Chrysanthemum-soorten

Chrysanthemum soort	Gemiddelde hoeveelheid sterolen aanwezig in alle plantorganen (mg/100 g droge massa)
Chrysanthemum parthenium var. Aureum	75,5
C. parthenium var. Schneeball	75,8
Gemiddelde van de twee soorten	75,7

Noot. Overgenomen uit *Sterol content as a similarity marker of different organs of two varietas of Chrysanthemum parthenium*, door Wiłkomirski & Dubielecka, 1996.

Tabel 9. Sterolgehalte in twee Chrysanthemum-soorten

Chrysanthemum soort	Stanolen (mg/100 g droge massa)	Campesterol en sitosterol (mg/100 g droge massa)	Stigmasterol (mg/100 g droge massa)	Fucosterol (mg/100 g droge massa)	Isofucosterol (mg/g droge massa)
Chrysanthemum parthenium var. Aureum	0,66	55,11	14,68	2,91	2,12
C. parthenium var. Schneeball	0,80	53,64	16,02	3,24	2,05
Gemiddelde van de twee soorten	0,73	54,38	15,35	3,08	2,08

Noot. Overgenomen uit *Sterol content as a similarity marker of different organs of two varietas of Chrysanthemum parthenium*, door Wiłkomirski & Dubielecka, 1996.

4. Referenties

Al-Dhabi, N. A., Arasu, M. V., Park, C. H., & Park, S. U. (2015). An up-to-date review of rutin and its biological and pharmacological activities. *PubMed*, *14*, 59–63. https://doi.org/10.17179/excli2014-663

Ali, E. F., Al-Yasi, H. M., Majrashi, A., Farahat, E. A., Eid, E. M., & Galal, T. M. (2022). Chemical and nutritional characterization of the different organs of Taif's rose (Rosa damascena Mill. Var. trigintipetala) and possible recycling of the solid distillation wastes in Taif City, Saudi Arabia. *Agriculture*, *12*(11), 1925. https://doi.org/10.3390/agriculture12111925

Appleton, H., & Rosentrater, K. A. (2021). Sweet Dreams (Are Made Of This): a review and perspectives on aspartic acid production. *Fermentation*, *7*(2), 49. https://doi.org/10.3390/fermentation7020049

Bach, T. M. H., & Takagi, H. (2013). Properties, metabolisms, and applications of L-Proline analogs. *Applied Microbiology and Biotechnology*, *97*(15), 6623–6634. https://doi.org/10.1007/s00253-013-5022-7

Balat, M. (2010). Production of bioethanol from lignocellulosic materials via the biochemical pathway: A review. *Energy Conversion and Management*, *52*(2), 858–875. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2010.08.013

Benedec, D., Filip, L., Vlase, L., Bele, C., Sevastre, B., Raita, O., Oláh, N., & Hanganu, D. (2016). In vitro study of antioxidant activity and phenolic content of Chrysanthemum balsamita varieties. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, *29*, 4. https://www.semanticscholar.org/paper/In-vitro-study-of-antioxidant-activity-and-phenolic-Benedec-Filip/a644d2e2b0662a3d2e05dec10e75874232dafc5b

Bieleski, R. L., Ripperda, J., Newman, J. P., & Reid, M. S. (1992). Carbohydrate changes and leaf blackening in cut flower stems of Protea eximia. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, *117*(1), 124–127. https://ucanr.edu/sites/Postharvest_Technology_Center_/files/228321.pdf

Dutta, S., & Kumar, M. S. (2022). Characterization of floral waste as potential candidates for compost and biofuel production. *Biomass Conversion and Biorefinery*. https://doi.org/10.1007/s13399-022-02353-z

Gómez-Florit, M., Monjo, M., & Ramis, J. M. (2014). Identification of quercitrin as a potential therapeutic agent for periodontal applications. *Journal of Periodontology*, *85*(7), 966–974. https://doi.org/10.1902/jop.2014.130438

Hassanpouraghdam, M., Tabatabaie, S., Nazemiyeh, H., Vojodi, L., & Aazami, M. (2008). Essential oil composition of hydroponically grown Chrysanthemum balsamita L. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, *11*(6), 649–654. https://doi.org/10.1080/0972060x.2008.10643682

Höld, K. M., Sirisoma, N. S., Ikeda, T., Narahashi, T., & Casida, J. E. (2000). α-Thujone (the active component of absinthe): γ-Aminobutyric acid type A receptor modulation and metabolic detoxification. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *97*(8), 3826–3831. https://doi.org/10.1073/pnas.070042397

Klemm, D., Heublein, B., Fink, H., & Bohn, A. (2005). Cellulose: fascinating biopolymer and sustainable raw material. *Angewandte Chemie International Edition*, *44*(22), 3358–3393. https://doi.org/10.1002/anie.200460587

Kuljarusnont, S., Iwakami, S., Iwashina, T., & Tungmunnithum, D. (2024). Flavonoids and other phenolic compounds for physiological roles, plant species delimitation, and medical benefits: a promising view. *Molecules*, *29*(22), 5351. https://doi.org/10.3390/molecules29225351

Laurichesse, S., & Avérous, L. (2013). Chemical modification of lignins: Towards biobased polymers. *Progress in Polymer Science*, *39*(7), 1266–1290. https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2013.11.004

Li, J., Peng, R., Li, W., Guo, S., Liu, Y., Cen, Z., Han, D., Wu, S., & Gong, J. (2024). Preparation and formation mechanism of spherical particles with high quality: a case study of L-Isoleucine. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, *63*(33), 14849–14862. https://doi.org/10.1021/acs.iecr.4c02342

Liu, P., Xu, H., & Zhang, X. (2021). Metabolic engineering of microorganisms for L-alanine production. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology*, *49*(2). https://doi.org/10.1093/jimb/kuab057

Mbikay, M., & Chrétien, M. (2022). Isoquercetin as an Anti-COvid-19 medication: A potential to realize. *Frontiers in Pharmacology*, *13*. https://doi.org/10.3389/fphar.2022.830205

Moro, I. J., Gondo, G. D. G. A., Pierri, E. G., Pietro, R. C. L. R., Soares, C. P., De Sousa, D. P., & Santos, A. G. D. (2018). Evaluation of antimicrobial, cytotoxic, and chemopreventive activities of carvone and its derivatives. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, *53*(4). https://doi.org/10.1590/s2175-97902017000400076

Rice, T., Zannini, E., Arendt, E. K., & Coffey, A. (2019). A review of polyols – biotechnological production, food applications, regulation, labeling and health effects. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *60*(12), 2034–2051. https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1625859

Shangguan, L., Zhang, H., Liu, Z., An, F., Yang, Q., Zhang, X., Yao, L., Yang, S., Dai, J., & Chen, X. (2023). Improved glutamic acid production capacity of Corynebacterium glutamicum by the ARTP mutagenesis method. *Fermentation*, *9*(7), 599. https://doi.org/10.3390/fermentation9070599

Sharma, N., Radha, N., Kumar, M., Kumari, N., Puri, S., Rais, N., Natta, S., Dhumal, S., Navamaniraj, N., Chandran, D., Mohankumar, P., Muthukumar, M., Senapathy, M., Deshmukh, V., Damale, R. D., Anitha, T., Balamurugan, V., Sathish, G., & Lorenzo, J. M. (2023). Phytochemicals, therapeutic benefits and applications of Chrysanthemum flower: A review. *Heliyon*, *9*(10), e20232. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e20232

Slobodianiuk, L., Budniak, L., Marchyshyn, S., Kostyshyn, L., & Ezhned, M. (2021). Determination of amino acid content of the Tagetes lucida Cav. by GC/MS. *Pharmacia*, *68*(4), 859–867. https://doi.org/10.3897/pharmacia.68.e73325

Sohn, S., Rathinapriya, P., Balaji, S., Balan, D. J., Swetha, T. K., Durgadevi, R., Alagulakshmi, S., Singaraj, P., & Pandian, S. (2021). Phytosterols in seaweeds: an overview on biosynthesis to biomedical applications. *International Journal of Molecular Sciences*, *22*(23), 12691. https://doi.org/10.3390/ijms222312691

Vahouny, G., Connor, W., Subramaniam, S., Lin, D., & Gallo, L. (1983). Comparative lymphatic absorption of sitosterol, stigmasterol, and fucosterol and differential inhibition of cholesterol absorption. *American Journal of Clinical Nutrition*, *37*(5), 805–809. https://doi.org/10.1093/ajcn/37.5.805

Wang, J. L. Z. (2019). Nutrients, fatty acid composition, and antioxidant activity of the flowers and seed oils in wild populations of Paeonia ludlowii. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 206. https://doi.org/10.9755/ejfa.2019.v31.i3.1922

Wiłkomirski, B., & Dubielecka, B. (1996). Sterol content as a similarity marker of different organs of two varieties of Chrysanthemum parthenium. *Phytochemistry*, *42*(6), 1603–1604. https://doi.org/10.1016/0031-9422(96)00156-2

Yeo, S. K., Ali, A. Y., Hayward, O. A., Turnham, D., Jackson, T., Bowen, I. D., & Clarkson, R. (2015). B-Bisabolene, a sesquiterpene from the essential oil extract of opoponax (Commiphora guidottii), exhibits cytotoxicity in breast cancer cell lines. *Phytotherapy Research*, *30*(3), 418–425. https://doi.org/10.1002/ptr.5543