

---

**ReJuice**

**WP3**

# **Samenstelling van bermgras**

Ing. Robin Wijns

Promotor: Prof. Dr. Ir. Katleen Raes

Januari 2025

## **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 onderzoekt de hoogwaardige moleculen die in bermgras voorkomen en mogelijk kunnen worden teruggewonnen met het ReJuice-proces.

## **3. Chemische samenstelling**

Bermgras verwijst naar grassoorten en -mengsels die vaak langs wegen voorkomen en worden beheerd voor milieu-, esthetische en functionele doeleinden. Bermgrassen zijn niet alleen functioneel voor esthetiek, maar hebben ook potentieel als veevoer of biomassa in duurzame landbouwsystemen. De veelzijdigheid en veerkracht van bermgras maken het een essentieel onderdeel van beheerde en natuurlijke ecosystemen (Tahir et al., 2022).

In de studie van Lád (2008) werden vijf grassoorten geanalyseerd op hun chemische samenstelling: *Dactylis glomerata* L., *Phleum pratense* L., *Lolium perenne* L., *Festuca arundinacea* L. en de hybride Felina (*Lolium multiflorum* L. × *Festuca arundinacea* L.). De grassen werden geoogst en vervolgens gedurende 48 uur gedroogd bij 50°C. Na het drogen werden de stalen gemalen voor chemische analyse.

Gemiddeld was de chemische samenstelling van deze grassoorten als volgt (Lád, 2008):

- Droge-stofgehalte: 234,9 g/kg
- Ruw eiwit: 130,3 g/kg droge stof
- Asgehalte: 76,6 g/kg droge stof
- Vetgehalte: 23,5 g/kg droge stof
- Ruwvezel: 281,2 g/kg droge stof
- Hemicellulose: 242,5 g/kg droge stof
- Cellulose: 279,2 g/kg droge stof

In de studie van Tenikecier en Ates (2018) werd de mineraalsamenstelling van verschillende grassoorten geanalyseerd, waaronder veldbeemdgras (*Poa pratensis*), gladde witbol (*Bromus inermis*), kropaar (*Dactylis glomerata*), roodzwenkgras (*Festuca rubra*), Engels raaigras (*Lolium perenne*) en schapengras (*Festuca ovina*). Stalen van hele planten werden gedroogd bij 55°C gedurende 48 uur en gemalen door een zeef van 1 mm voor analyse. De mineraalconcentraties in de plantstalen werden spectrofotometrisch bepaald. Gemiddeld werden de volgende mineraalgehalten gevonden in de zes grassoorten (Tenikecier & Ates, 2018):

- Calcium: 3,12% van de droge stof
- Kalium: 2,95% van de droge stof
- Fosfor: 0,28% van de droge stof
- Magnesium: 0,27% van de droge stof

### **3.1. Koolhydraten**

De studie van Kagan et al. (2011) onderzocht de samenstelling van eenvoudige suikers en fructanen in kropaarweiden. Extracten van grasstalen werden geanalyseerd met behulp van HPLC. De grasoort werd gedurende twee maanden (april tot mei) bestudeerd. De bevindingen toonden een concentratie van 14,8%

wateroplosbare koolhydraten in de droge stof van het gras, evenals 7,0% ethanol oplosbare koolhydraten.

De specifieke concentraties van glucose, fructose, sucrose en fructanen in de totale droge stof werden ook geanalyseerd. Glucose was goed voor 1,3%, fructose voor 1,4%, sucrose voor 2,9% en fructanen voor 6,1% van de droge stof (Kagan et al., 2011).

Glucose is een essentiële zoetstof die vaak voorkomt in dranken, gebakken producten en bewerkte voedingsmiddelen. Naast zijn rol als zoetstof fungeert het als precursor in fermentatieprocessen, waardoor de productie van ethanol, organische zuren en bio plastics mogelijk wordt (Peacock, 2023). Fructose, bekend om zijn hoge zoetheid, is een cruciaal onderdeel van high-fructose corn syrup, dat uitgebreid wordt gebruikt in frisdranken en bewerkte voedingsmiddelen (Softic et al., 2023). Sucrose, een andere veelgebruikte suiker, speelt een prominente rol in snoep, gebakken producten en dranken (Li et al., 2022). Fructanen, zoals inuline, worden geïntegreerd in functionele voedingsmiddelen en voedingssupplementen om de darmgezondheid te ondersteunen door de groei van gunstige bacteriën zoals Bifidobacterium en Lactobacillus te bevorderen (Wang & Cheong, 2023).

Bij het onderzoeken van structurele koolhydraten bestudeerden Bailey en Hunt (1973) de samenstelling van kikuyu- en raaigraskruid. De grasstalen bestonden uit gemalen bladschijven, stengels en bladschedes. In de gedroogde stalen van raaigras vonden ze gemiddelde concentraties van 12,2% hemicellulose, 16,0% cellulose en 6,1% lignine over de 49-daagse groeiperiode. Voor kikuyugras bevatte het gedroogde materiaal 17,0% hemicellulose, 17,7% cellulose en 6,5% lignine (Bailey & Hunt, 1973).

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, 2010). 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).

### **3.2. Amino-zuren**

In de studie van Amiard et al. (2004) werd de amino-zuursamenstelling in het floëem sap van *Lolium perenne* L. geanalyseerd. Het floëem sap werd gefilterd, vervolgens geïnjecteerd in een HPLC-systeem en fluorofotometrisch gekwantificeerd. Negen amino-zuren werden geïdentificeerd en gekwantificeerd: aspartaat (77 mmol L<sup>-1</sup>), glutamaat (104 mmol L<sup>-1</sup>), asparagine (4 mmol L<sup>-1</sup>), serine (57 mmol L<sup>-1</sup>), glutamine (171 mmol L<sup>-1</sup>), glycine (14 mmol L<sup>-1</sup>), threonine (19 mmol L<sup>-1</sup>), alanine (7 mmol L<sup>-1</sup>) en valine (9 mmol L<sup>-1</sup>) (Amiard et al., 2004).

In de studie van He et al. (2014) werden amino-zuren onderzocht in de scheuten van vijf grassoorten: gladde witbol (*Bromus inermis* L.), rietzwenkgras (*Festuca arundinacea*), bermudagrass (*Cynodon dactylon*), kruipertje (*Hordeum murinum*) en ganzenvoet (*Chenopodium ficifolium*). De grassen werden ter plaatse geknipt, gedroogd bij 65°C en tot poeder gemalen. Vervolgens werden extracten bereid en werd de amino-zuursamenstelling geanalyseerd met behulp van ion chromatografie. De studie identificeerde 21 amino-zuren in de grassoorten, met een gemiddeld totaal amino-zuurgehalte van 10,5 g/kg droge stof over de soorten (He et al., 2014).

De gedetecteerde amino-zuren omvatten arginine, ornithine, lysine, galactosamine, glucosamine, alanine, threonine, glycine, valine, hydroxyproline, serine, proline, isoleucine, leucine, methionine, histidine, fenylalanine, glutaminezuur, asparaginezuur, cystine en tyrosine. Hiervan waren arginine ( $\pm 4,0$  g/kg droge stof), glutaminezuur ( $\pm 1,0$  g/kg droge stof) en asparaginezuur ( $\pm 0,8$  g/kg droge stof) het meest abundant (He et al., 2014).

Glutamine wordt gebruikt in voedingssupplementen en klinische voeding om de immuun functie en spierherstel te verbeteren. Het wordt ook vaak gebruikt in celweekmedia als stikstof- en energiebron voor de groei van cellijnen (Newsholme, 2001). Glutamaat is een belangrijk bestanddeel van mononatriumglutamaat, dat veel wordt gebruikt als smaakversterker in soepen, sauzen, snacks en diepvriesmaaltijden. Glutamaat draagt bij aan de "umami"-smaak in voedingsmiddelen zoals kaas, vlees en gefermenteerde producten (Yamaguchi & Ninomiya, 2000). Aspartaat is een belangrijk bestanddeel van aspartaam, een veelgebruikte kunstmatige zoetstof. Aspartaat dient als bouwsteen voor de synthese van biologisch afbreekbare polymeren en chemicaliën, zoals succinaten, die worden gebruikt als basis voor oplosmiddelen en plastics (Campanella et al., 1995). Asparaginezuur wordt gebruikt om de vorming van acrylamide in gebakken producten te verminderen, waardoor de voedselveiligheid wordt verbeterd (Holeček, 2023). Arginine wordt gebruikt in geneesmiddelformuleringen voor cardiovasculaire aandoeningen en metabole syndromen. De derivaten ervan worden ingezet bij de ontwikkeling van gespecialiseerde therapeutische middelen vanwege hun stabiliteit en bio activiteit (Szlas et al., 2022).

### **3.3. Andere bioactieve componenten**

Vanwege het beperkte onderzoek naar bioactieve componenten in weide- en bermgrassen, wordt de focus van dit hoofdstuk over bioactieve verbindingen uitgebreid naar andere soorten grassen, zoals graangrassen.

#### **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

Tabel 1 geeft een overzicht van verschillende studies die het totale fenolgehalte in *Lolium perenne* L., een veelgebruikte graslandsoort, onderzoeken. Daarnaast benadrukt het de aanwezigheid en kwantificering van specifieke flavonoïden die binnen deze soort zijn geïdentificeerd (Verhulst et al., 2023).

**Tabel 1. Totaal fenolgehalte in *Lolium perenne* L.**

| Onderzoek                      | Totaal fenolgehalte (mg g <sup>-1</sup> droge massa) | Rutine (mg g <sup>-1</sup> droge massa) | Catechine (mg g <sup>-1</sup> droge massa) |
|--------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------|
| Rapisarda & Abu-Ghannam (2022) | 19,95 – 29,43                                        |                                         | 10,70 – 14,57                              |
| Mahrous et al. (2023)          | 26,46                                                | 25,37                                   |                                            |
| Kagan et al. (2019)            | 12,1                                                 |                                         |                                            |

*Noot. De grijs gearceerde gedeelten van de tabel geven fenolische verbindingen aan die niet in de specifieke plantensoort zijn aangetroffen.*

In een andere studie van Kuppusamy et al. (2018) werden fenolische en flavonoïde componenten in *Lolium multiflorum* geïdentificeerd en gekwantificeerd. De bovengrondse delen van gezonde *Lolium multiflorum* Lam.-planten werden verzameld, gereinigd en gesteriliseerd in een heteluchtoven bij 60°C. Het gedroogde plantmateriaal werd vervolgens tot poeder gemalen. Fenolzuren en flavonoïden werden uit *L. multiflorum* geëxtraheerd met behulp van een ethanol-extractiemethode. Het totale fenolgehalte in het *L. multiflorum*-extract werd bepaald met behulp van de Folin-Ciocalteu-assay, wat een totaal fenolgehalte van 19,54 mg GAE/g drooggewicht gaf (Kuppusamy et al., 2018).

### 3.3.1.2. Specifieke fenolische componenten

In dezelfde studie van Kuppusamy et al. (2018) werden de fenolische componenten in de bovengrondse delen van *Lolium multiflorum* ook gekwantificeerd met behulp van HPLC-DAD met referentiestandaarden voor cafeïnezuur, ferulazuur, p-coumarinezuur, chlorogeenzuur, dihydroxybenzoëzuur, propylgallaat en catechine. De analyse toonde aan dat p-coumarinezuur de grootste massafractie (op droge stof)

had (220 µg/g) onder de fenolzuren, gevolgd door ferulazuur (207 µg/g), chlorogeenzuur (200 µg/g), dihydroxybenzoëzuur (188 µg/g), propylgallaat (182 µg/g), cafeïnezuur (127 µg/g) en catechine (132 µg/g) (Kuppusamy et al., 2018).

In de studie van Rajoria et al. (2015) werden de bioactieve verbindingen in *Triticum aestivum* L. (tarwegras) geanalyseerd. De grastalen werden geoogst, in de schaduw gedroogd en tot poeder gemalen. Extracten werden bereid met hexaan en chloroform als oplosmiddelen, gevolgd door kwantitatieve analyse via HPLC. De analyse onthulde de aanwezigheid van verschillende bioactieve verbindingen in de plantenextracten, waaronder chlorogeenzuur (19,52% van het droge gewicht), galluszuur (0,15% van het droge gewicht) en tocoferol (0,55% van het droge gewicht) (Rajoria et al., 2015).

P-coumarinezuur kan worden gebruikt om de houdbaarheid van voedselproducten te verlengen vanwege zijn antioxiderende en antimicrobiële eigenschappen. Het wordt ook gebruikt als precursor bij de productie van bio gebaseerde materialen en polymeren (Zaman et al., 2023). Ferulazuur wordt eveneens gebruikt als een natuurlijk conserveermiddel om oxidatie en microbiële bederf in voedselproducten te voorkomen. Het wordt ook gecombineerd met andere UV-filters in cosmetica om de huid te beschermen tegen zonneschade (Batista, 2014). Chlorogeenzuur staat bekend om zijn anti diabetische, antihypertensieve en neuro protectieve effecten en wordt gebruikt in medicijnen die gericht zijn op het verbeteren van de metabole gezondheid. Chlorogeenzuur komt ook voor in koffie en andere dranken als een natuurlijke antioxidant (Sinisi et al., 2015).

Galluszuur heeft antimicrobiële, antikanker- en ontstekingsremmende eigenschappen. Het wordt gebruikt als een natuurlijk conserveermiddel in voedingsmiddelen om lipide-oxidatie te voorkomen, vooral in oliën en bewerkte voedingsmiddelen (Nayeem & Smb, 2016). Tocoferol wordt toegevoegd aan vetrijke voedingsmiddelen (bijv. plantaardige oliën, noten, margarine) om oxidatie en bederf

uit te stellen. Het wordt ook toegevoegd aan shampoos en conditioners om de sterkte en glans van het haar te verbeteren (Shahidi & De Camargo, 2016).

### 3.3.2. Flavonoïde componenten

Flavonoïden zijn een klasse van fenolische verbindingen die veel voorkomen in planten, waaronder grassen. Ze spelen een cruciale rol in de plantenfysiologie en worden gewaardeerd om hun bioactieve eigenschappen. Flavonoïden helpen grassen om te reageren op abiotische stressfactoren zoals UV-straling en droogte door te fungeren als antioxidanten. Ze dragen ook bij aan de weerstand van planten tegen herbivoren en pathogenen dankzij hun antimicrobiële en antischimmel eigenschappen (Mageney et al., 2017).

De studie van Rapisarda & Abu-Ghannam (2022) onderzocht de aanwezigheid van verschillende flavonoïde componenten in *Lolium perenne* L.. Er werden zeven verbindingen geïdentificeerd, met hun respectievelijke concentraties in droge stof als volgt (Rapisarda & Abu-Ghannam, 2022):

- Biochanine A (20 µg/g): Dit flavonoïde heeft antioxiderende, ontstekingsremmende en antikankereigenschappen. In de voedingsindustrie kan het worden gebruikt als een natuurlijke antioxidant om de houdbaarheid van producten te verbeteren. Het wordt ook gebruikt in cosmetica vanwege zijn huid beschermende effecten (Feng & Lai, 2023).
- Daidzeïne (26 µg/g): Dit is een fyto-oestrogeen dat vaak wordt gebruikt in de productie van voedingssupplementen voor hormonale balans, vooral bij vrouwen in de menopauze. Het wordt ook bestudeerd vanwege zijn antioxiderende en ontstekingsremmende activiteiten (Singh et al., 2023).
- Formononetine (38 µg/g): Het wordt gebruikt in voedingssupplementen vanwege de potentiële voordelen voor de botgezondheid, vooral bij postmenopauzale vrouwen. Daarnaast is het onderzocht vanwege zijn antikanker- en cardiovasculaire voordelen (Ong et al., 2019).

- Kaempferol (22 µg/g): Bekend om zijn sterke antioxiderende en ontstekingsremmende effecten, wordt kaempferol gebruikt in de farmaceutische industrie voor de behandeling van aandoeningen zoals hart- en vaatziekten en kanker (Parveen et al., 2023).
- Luteoline (18 µg/g): Dit flavonoïde heeft antioxiderende en antikankereigenschappen. Het wordt gebruikt in de formulering van anti-aging producten (Prasher et al., 2022).
- Naringenine (16 µg/g): Naringenine heeft antioxiderende, ontstekingsremmende en antikankereffecten. Het wordt gebruikt in de voedingsindustrie om gezondheidsvoordelen te vergroten, en in farmaceutica voor stofwisselings- en gewichtsbeheersingsstoornissen (Stabrauskiene et al., 2022).
- Quercetine (14 µg/g): Dit heeft sterke antioxiderende en antihistaminische eigenschappen. Quercetine wordt gebruikt in supplementen om de immuun gezondheid te ondersteunen, allergiesymptomen te verminderen en de hartgezondheid te verbeteren (Bhat & Bhat, 2021).

### 3.3.3. Essentiële oliën

Essentiële oliën in grassen dienen voornamelijk als chemische verdediging tegen plagen, herbivoren en pathogenen. Ze spelen ook een rol in plantcommunicatie en stressadaptatie, zoals tijdens droogte of extreme temperaturen. Voor mensen worden essentiële oliën gewaardeerd vanwege hun aromatische aantrekkingskracht, therapeutische voordelen en antimicrobiële eigenschappen. Deze eigenschappen maken ze tot veelzijdige ingrediënten in de voedingsindustrie voor smaakstoffen en conservering, in cosmetica voor huidverzorging en geur, en in de geneeskunde voor gezondheid bevorderende en helende toepassingen (Bolouri et al., 2022).

De studie van Pandey et al. (2003) analyseerde de chemische samenstelling van de essentiële oliën in citroengras (*Cymbopogon flexuosus*). De bovengrondse delen van *C. flexuosus* werden geoogst uit het veld, waarna het verse kruid werd gedestilleerd

en geanalyseerd met behulp van GC-MS. Het totale gehalte aan essentiële oliën in het verse gewicht van citroengras werd vastgesteld op 0,75%, wat overeenkomt met 7,5 mg etherische oliën per gram vers gewicht.

De analyse identificeerde 29 essentiële olieverbindingen in citroengras, waarbij de belangrijkste componenten waren (Pandey et al., 2003):

- Citral (43,80% van het totale essentiële oliegehalte): Citral is een belangrijke verbinding met antimicrobiële, antischimmel- en ontstekingsremmende eigenschappen. Citral wordt veel gebruikt in de parfumindustrie vanwege zijn citroenachtige geur. Het wordt ook gebruikt in schoonmaakproducten en cosmetica vanwege zijn antimicrobiële eigenschappen. In de voedingsindustrie wordt het gebruikt voor smaakstoffen (Gutiérrez-Pacheco et al., 2023).
- Z-citral (18,93% van het totale essentiële oliegehalte): Z-citral, een geometrisch isomeer van citral, deelt vergelijkbare eigenschappen, waaronder antimicrobiële, antischimmel- en antioxiderende activiteiten. Het is ook een krachtig insectenwerend middel (Gutiérrez-Pacheco et al., 2023).
- Geranylacetaat (5,27% van het totale essentiële oliegehalte): Geranylacetaat staat bekend om zijn aangename bloemige en citrusachtige geur, evenals zijn antimicrobiële en antischimmelactiviteiten. Het is ook een ontstekingsremmend middel (Chen & Viljoen, 2010).
- Linalool (4,43% van het totale essentiële oliegehalte): Linalool staat bekend om zijn kalmerende, angst remmende en pijnstillende eigenschappen. Het vertoont ook antimicrobiële, antischimmel- en antioxiderende effecten en heeft een bloemige, lavendelachtige geur. Het wordt aangetroffen in persoonlijke verzorgingsproducten zoals lotions en shampoos vanwege zijn verzachtende en huidvriendelijke eigenschappen. Linalool wordt ook gebruikt in voedingsproducten en als een natuurlijk pesticide vanwege zijn insectenwerende eigenschappen (Guo et al., 2021).

- Trans-geraniol (3,66% van het totale essentiële oliegehalte): Trans-geraniol bezit ontstekingsremmende, antimicrobiële en antioxiderende eigenschappen. Het wordt vaak gebruikt vanwege zijn aangename roosachtige geur (Lin et al., 2021).

### 3.3.4. Sterolen

De studie van Garg & Paleg (1986) onderzocht welke sterolen aanwezig waren in het plantmateriaal van *Lolium temulentum*. Bij de oogst werden bladeren, bladschedes, stengels en scheuttoppen gedissecteerde, gemalen en vervolgens gevriesdroogd. De gevriesdroogde weefsels werden gehomogeniseerd in chloroform:methanol (2:1, v/v) en gefilterd. Gas-vloeistofchromatografie werd gebruikt voor de sterolanalyse. Vier sterolstandaarden – cholesterol, campesterol, stigmasterol en sitosterol – werden gebruikt als referenties om de sterolen in het plantmateriaal te kwantificeren. Deze sterolen werden geanalyseerd in hun vrije vorm, sterylesterform en sterylglucosidevorm. De resultaten van deze analyses zijn te vinden in Tabel 2 (Garg & Paleg, 1986).

**Tabel 2. Gehalte van verschillende sterolen in *Lolium temulentum***

| Sterol vorm         | Cholesterol ( $\mu\text{g g}^{-1}$<br>droge massa) | Campesterol<br>( $\mu\text{g g}^{-1}$ droge<br>massa) | Stigmasterol ( $\mu\text{g g}^{-1}$<br>droge massa) | Sitosterol ( $\mu\text{g g}^{-1}$<br>droge massa) |
|---------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| Vrij                | 1,87                                               | 0,58                                                  | 0,19                                                | 2,13                                              |
| Steryl ester        | 1,81                                               | 0,26                                                  | 0,13                                                | 1,06                                              |
| Steryl<br>glycoside | 0,20                                               | 0,12                                                  | 0,11                                                | 0,34                                              |

Noot. Overgenomen uit *Changes in the levels and composition of sterols in different tissues of Lolium temulentum plants during floral development*, door Garg & Paleg, 1986.

#### 4. Referenties

- Amiard, V., Morvan-Bertrand, A., Cliquet, J., Billard, J., Huault, C., Sandström, J. P., & Prud'homme, M. (2004). Carbohydrate and amino acid composition in phloem sap of *Lolium perenne* L. before and after defoliation. *Canadian Journal of Botany*, 82(11), 1594–1601. <https://doi.org/10.1139/b04-117>
- Bailey, R. W., & Hunt, W. F. (1973). Structural carbohydrate levels in kikuyu grass and ryegrass grown under identical conditions. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 16(2), 203–205. <https://doi.org/10.1080/00288233.1973.10421137>
- 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>
- Batista, R. (2014). Uses and potential applications of ferulic acid. In Warren, B. (Ed.), *Ferulic acid: antioxidant properties, uses and potential health benefits* (1ed ed., pp. 39–70). Nova Science Publishers, Inc.
- Bhat, I. U. H., & Bhat, R. (2021). Quercetin: a bioactive compound imparting cardiovascular and neuroprotective benefits: Scope for exploring fresh produce, their wastes, and by-products. *Biology*, 10(7), 586. <https://doi.org/10.3390/biology10070586>
- Bolouri, P., Salami, R., Kouhi, S., Kordi, M., Lajayer, B. A., Hadian, J., & Astatkie, T. (2022). Applications of essential oils and plant extracts in different industries. *Molecules*, 27(24), 8999. <https://doi.org/10.3390/molecules27248999>
- Campanella, L., Aturki, Z., Sammartino, M., & Tomassetti, M. (1995). Aspartate analysis in formulations using a new enzyme sensor. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 13(4–5), 439–447. [https://doi.org/10.1016/0731-7085\(95\)01257-l](https://doi.org/10.1016/0731-7085(95)01257-l)

Chen, W., & Viljoen, A. (2010). Geraniol — A review of a commercially important fragrance material. *South African Journal of Botany*, 76(4), 643–651.

<https://doi.org/10.1016/j.sajb.2010.05.008>

Choi, S., Park, H., & Lee, K. (2021). A comparative study of rutin and rutin glycoside: antioxidant activity, anti-inflammatory effect, effect on platelet aggregation and blood coagulation. *Antioxidants*, 10(11), 1696.

<https://doi.org/10.3390/antiox10111696>

Feng, Z., & Lai, W. (2023). Chemical and biological properties of Biochanin A and its pharmaceutical applications. *Pharmaceutics*, 15(4), 1105.

<https://doi.org/10.3390/pharmaceutics15041105>

Garg, V. K., & Paleg, L. G. (1986). Changes in the levels and composition of sterols in different tissues of *Lolium temulentum* plants during floral development.

*Physiologia Plantarum*, 68(2), 335–341. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1986.tb01936.x>

Guo, F., Chen, Q., Liang, Q., Zhang, M., Chen, W., Chen, H., Yun, Y., Zhong, Q., & Chen, W. (2021). Antimicrobial activity and proposed action mechanism of linalool against *Pseudomonas fluorescens*. *Frontiers in Microbiology*, 12.

<https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.562094>

Gutiérrez-Pacheco, M. M., Torres-Moreno, H., Flores-Lopez, M. L., Guadarrama, N. V., Ayala-Zavala, J. F., Ortega-Ramírez, L. A., & López-Romero, J. C. (2023). Mechanisms and applications of Citral's antimicrobial properties in food preservation and pharmaceuticals formulations. *Antibiotics*, 12(11), 1608.

<https://doi.org/10.3390/antibiotics12111608>

- He, Z., Senwo, Z., Zou, H., Tazisong, I., & Martens, D. (2014). Amino compounds in poultry litter, litter-amended pasture soils and grass shoots. *Pedosphere*, 24(2), 178–185. [https://doi.org/10.1016/s1002-0160\(14\)60004-7](https://doi.org/10.1016/s1002-0160(14)60004-7)
- Holeček, M. (2023). Aspartic acid in health and disease. *Nutrients*, 15(18), 4023. <https://doi.org/10.3390/nu15184023>
- Jančík, F., Homolka, P., Čermák, B., & Lád, F. (2008). Determination of indigestible neutral detergent fibre contents of grasses and its prediction from chemical composition. *Czech Journal of Animal Science*, 53(3), 128–135. <https://doi.org/10.17221/2716-cjas>
- Kagan, I. A., Goodman, J. P., Seman, D. H., Lawrence, L. M., & Smith, S. R. (2019). Effects of harvest date, sampling time, and cultivar on total phenolic concentrations, water-soluble carbohydrate concentrations, and phenolic profiles of selected cool-season grasses in central Kentucky. *Journal of Equine Veterinary Science*, 79, 86–93. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2019.05.005>
- Kagan, I. A., Kirch, B. H., Thatcher, C. D., Strickland, J. R., Teutsch, C. D., Elvinger, F., & Pleasant, R. S. (2011). Seasonal and diurnal variation in simple sugar and fructan composition of orchardgrass pasture and hay in the Piedmont region of the United States. *Journal of Equine Veterinary Science*, 31(8), 488–497. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2011.03.004>
- 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., & Tungmunthum, 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>

Kuppusamy, P., Lee, K. D., Song, C. E., Ilavenil, S., Srigopalram, S., Arasu, M. V., & Choi, K.

C. (2018). Quantification of major phenolic and flavonoid markers in forage crop *Lolium multiflorum* using HPLC-DAD. *Revista Brasileira De Farmacognosia*, 28(3), 282–288. <https://doi.org/10.1016/j.bjp.2018.03.006>

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, X., Luan, Y., Li, Y., Ye, S., Wang, G., Cai, X., Liang, Y., Varkaneh, H. K., & Luan, Y. (2022).

The effect of high-fructose corn syrup vs. sucrose on anthropometric and metabolic parameters: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Nutrition*, 9.

<https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1013310>

Lin, L., Long, N., Qiu, M., Liu, Y., Sun, F., & Dai, M. (2021). The inhibitory efficiencies of

geraniol as an anti-inflammatory, antioxidant, and antibacterial, natural agent against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* infection in vivo. *Infection and Drug Resistance*, Volume 14, 2991–3000. <https://doi.org/10.2147/idr.s318989>

Mageney, V., Neugart, S., & Albach, D. (2017). A guide to the variability of flavonoids in

*Brassica oleracea*. *Molecules*, 22(2), 252.

<https://doi.org/10.3390/molecules22020252>

Mahrous, M. N., Attia, E., Abdelkader, M. S., & Hamed, A. (2023). Phytochemical screening, and in vitro evaluation of antioxidant activity of *Lolium perenne*. *Journal of*

*Advanced Biomedical and Pharmaceutical Sciences*, 0(0), 150–154.

<https://doi.org/10.21608/jabps.2023.198473.1185>

- Miller, I. (2024, March 26). *Glutamic acid: a key amino acid in human health and function* — *My complete health ND*. My Complete Health ND.  
<https://www.mycompletehealthnd.com/articles/glutamic-acid-a-key-amino-acid-in-human-health-and-function>
- Moraes, M. G., Chatterton, N. J., Harrison, P. A., Filgueiras, T. S., & Figueiredo-Ribeiro, R. C. L. (2012). Diversity of non-structural carbohydrates in grasses (Poaceae) from Brazil. *Grass and Forage Science*, 68(1), 165–177. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2012.00883.x>
- Nayeem, N., & Smb, A. (2016). Gallic acid: a promising lead molecule for drug development. *Journal of Applied Pharmacy*, 08(02). <https://doi.org/10.4172/1920-4159.1000213>
- Newsholme, P. (2001). Why is L-Glutamine metabolism important to cells of the immune system in health, postinjury, surgery or infection? *Journal of Nutrition*, 131(9), 2515S-2522S. <https://doi.org/10.1093/jn/131.9.2515s>
- Ong, S., Shanmugam, M., Fan, L., Fraser, S., Arfuso, F., Ahn, K., Sethi, G., & Bishayee, A. (2019). Focus on formononetin: anticancer potential and molecular targets. *Cancers*, 11(5), 611. <https://doi.org/10.3390/cancers11050611>
- Pandey, A., Rai, M., & Acharya, D. (2003). Chemical composition and antimycotic activity of the essential oils of corn mint (*Mentha arvensis*) and lemon grass (*Cymbopogon flexuosus*) against human pathogenic fungi. *Pharmaceutical Biology*, 41(6), 421–425. <https://doi.org/10.1076/phbi.41.6.421.17825>
- Parveen, S., Bhat, I. U. H., & Bhat, R. (2023). Kaempferol and its derivatives: Biological activities and therapeutic potential. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 13(10), 411–420. <https://doi.org/10.4103/2221-1691.387747>

- Peacock, M. (2023, April 1). *Glucose: Food, medicine, biotech and industry*. Zimmer & Peacock AS. <https://www.zimmerpeacock.com/2023/04/01/glucose-food-medicine-biotech-and-industry/>
- Prasher, P., Sharma, M., Singh, S. K., Gulati, M., Chellappan, D. K., Zacconi, F., De Rubis, G., Gupta, G., Sharifi-Rad, J., Cho, W. C., & Dua, K. (2022). Luteolin: a flavonoid with a multifaceted anticancer potential. *Cancer Cell International*, 22(1).  
<https://doi.org/10.1186/s12935-022-02808-3>
- Rajoria, A., Mehta, A., Mehta, P., Ahirwal, L., & Shruti Shukla. (2015). Phytochemical analysis and estimation of major bioactive compounds from *Triticum aestivum* L. grass with antimicrobial potential. In *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*. Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences.  
[https://applications.emro.who.int/imemrf/Pak\\_J\\_Pharm\\_Sci/Pak\\_J\\_Pharm\\_Sci\\_2015\\_28\\_6Supplement\\_2221\\_2225.pdf](https://applications.emro.who.int/imemrf/Pak_J_Pharm_Sci/Pak_J_Pharm_Sci_2015_28_6Supplement_2221_2225.pdf)
- Rapisarda, S., & Abu-Ghannam, N. (2022). Polyphenol characterization and antioxidant capacity of multi-species swards grown in Ireland—Environmental sustainability and nutraceutical potential. *Sustainability*, 15(1), 634.  
<https://doi.org/10.3390/su15010634>
- Shahidi, F., & De Camargo, A. (2016). Tocopherols and tocotrienols in common and emerging dietary sources: occurrence, applications, and health benefits. *International Journal of Molecular Sciences*, 17(10), 1745.  
<https://doi.org/10.3390/ijms17101745>
- Singh, S., Grewal, S., Sharma, N., Behl, T., Gupta, S., Anwer, M. K., Vargas-De-La-Cruz, C., Mohan, S., Bungau, S. G., & Bumbu, A. (2023). Unveiling the pharmacological and

nanotechnological facets of Daidzein: present state-of-the-art and future perspectives. *Molecules*, 28(4), 1765. <https://doi.org/10.3390/molecules28041765>

Sinisi, V., Forzato, C., Cefarin, N., Navarini, L., & Berti, F. (2014). Interaction of chlorogenic acids and quinides from coffee with human serum albumin. *Food Chemistry*, 168, 332–340. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.07.080>

Softic, S., Lanaspá, M. A., & DeBosch, B. (2023). Fructose metabolism and metabolic dysfunction in adolescents and young adults. *Nutrients*, 15(14), 3162. <https://doi.org/10.3390/nu15143162>

Stabrauskiene, J., Kopustinskiene, D. M., Lazauskas, R., & Bernatoniene, J. (2022). Naringin and Naringenin: their mechanisms of action and the potential anticancer activities. *Biomedicines*, 10(7), 1686. <https://doi.org/10.3390/biomedicines10071686>

Szlas, A., Kurek, J. M., & Krejpcio, Z. (2022). The potential of L-Arginine in prevention and treatment of disturbed carbohydrate and lipid metabolism—A review. *Nutrients*, 14(5), 961. <https://doi.org/10.3390/nu14050961>

Tahir, M., Li, C., Zeng, T., Xin, Y., Chen, C., Javed, H. H., Yang, W., & Yan, Y. (2022). Mixture composition influenced the biomass yield and nutritional quality of legume–grass pastures. *Agronomy*, 12(6), 1449. <https://doi.org/10.3390/agronomy12061449>

Tenikecier, H. S., & Ates, E. (2018). Chemical composition of six grass species (Poaceae sp.) from protected forest range in northern Bulgaria. *Asian Journal of Applied Sciences*, 11(2), 71–75. <https://doi.org/10.3923/ajaps.2018.71.75>

Verhulst, E. P., Brunton, N. P., & Rai, D. K. (2023). Polyphenols in agricultural grassland crops and their health-promoting activities—A review. *Foods*, 12(22), 4122. <https://doi.org/10.3390/foods12224122>

Wang, M., & Cheong, K. (2023). Preparation, structural characterisation, and bioactivities of fructans: A review. *Molecules*, 28(4), 1613.

<https://doi.org/10.3390/molecules28041613>

Yamaguchi, S., & Ninomiya, K. (2000). Umami and food palatability. *Journal of Nutrition*, 130(4), 921S-926S. <https://doi.org/10.1093/jn/130.4.921s>

Zaman, A., Hasnat, H., Noman, Z. A., Islam, M. M., Nakib, A. A., Mukherjee, S., Saha, K., Ahmed, N. U., Ashrafi, S., Saha, T., Islam, M. A., & Alam, S. (2023). Exploring pharmacological potentials of p-coumaric acid: a prospective phytochemical for drug discovery. *Bangladesh Pharmaceutical Journal*, 26(2), 185–194.

<https://doi.org/10.3329/bpj.v26i2.67808>