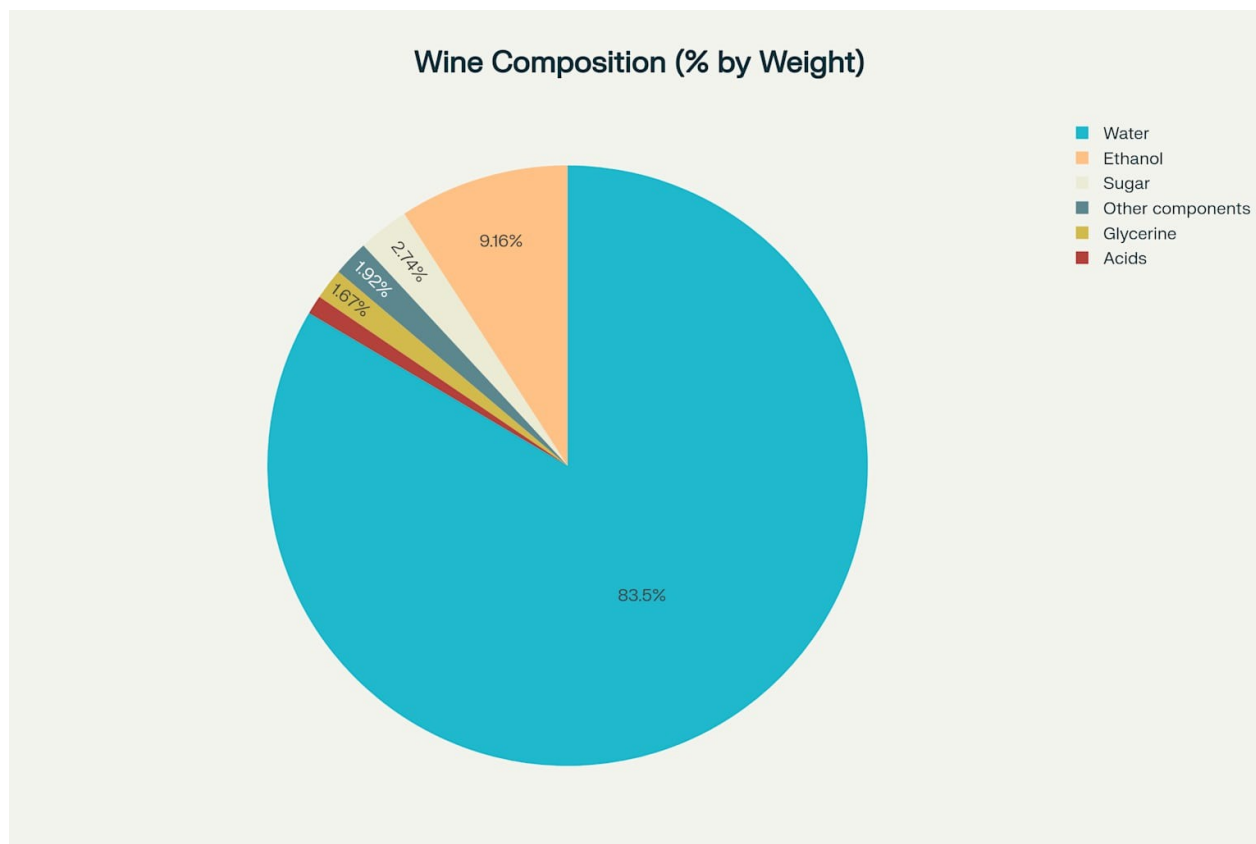


De kwantitatieve chemische samenstelling van wijn: Een uitgebreide analyse van één liter wijn

Wijn is een van de chemisch meest complexe dranken die de wetenschap kent en bevat naar schatting 7000 verschillende stoffen die gezamenlijk de organoleptische eigenschappen en het voedingsprofiel bepalen ⁽¹⁾. Deze ingewikkelde matrix van verbindingen, variërend van overheersende bestanddelen zoals water en ethanol tot sporenelementen die in microgramhoeveelheden aanwezig zijn, vormt de basis voor de sensorische eigenschappen en fysiologische effecten van wijn ⁽²⁾ ⁽³⁾. Om de precieze kwantitatieve samenstelling van wijn te begrijpen, moeten zowel de hoofdbestanddelen als de minder belangrijke bestanddelen, hun concentratiebereik en hun oorsprong binnen de wijnbouwkundige en enologische processen worden onderzocht ⁽¹⁾ ⁽²⁾.



Chemische samenstelling van een liter wijn met overwegend water en ethanol

Belangrijke onderdelen: de basis matrix

Water: De dominante component

Water maakt het overgrote deel uit van de samenstelling van wijn, meestal variërend van 700 tot 850 gram per liter, met een gemiddelde concentratie van ongeveer 775 g/L ^{(4) (2)}. Dit vertegenwoordigt ongeveer 84,3% van de totale massa van wijn, waardoor het het meest voorkomende bestanddeel is. ^{(2) (5)}. Het watergehalte is rechtstreeks van invloed op de dichtheid van wijn, die meestal varieert van 0,985 tot 0,995 g/cm³, en dient als oplosmiddel voor alle andere opgeloste verbindingen ^{(5) (6)}. Naast de kwantitatieve dominantie hebben de waterkwaliteit en het mineraalgehalte een significante invloed op de gistingskinetiek en het uiteindelijke karakter van de wijn ^{(1) (5)}.

Ethanol: De belangrijkste alcohol

Ethanolconcentraties in wijn variëren meestal van 50 tot 120 g/L, met een gemiddelde van ongeveer 85 g/L, wat overeenkomt met 9,2% van de totale wijnmassa ^{(4) (2) (5)}. Dit vertaalt zich in alcoholvolume ABV)-percentages liggen meestal tussen 7% en 15%, waarbij de meeste tafelwijnen rond 12-14% ABV schommelen ^{(5) (7)}. Ethanolproductie vindt plaats door gistmetabolisme van druivensuikers, volgens de stoichiometrische conversie waarbij ongeveer 17 gram suiker 1% alcohol per volume oplevert ^{(7) (6)}. Het alcoholgehalte is van grote invloed op de energiedichtheid van wijn, met een bijdrage van ongeveer 29 kJ per gram ethanol, waardoor het de belangrijkste calorische component is ^{(6) (8)}.

Secundaire bestanddelen: Structurele en sensorische componenten

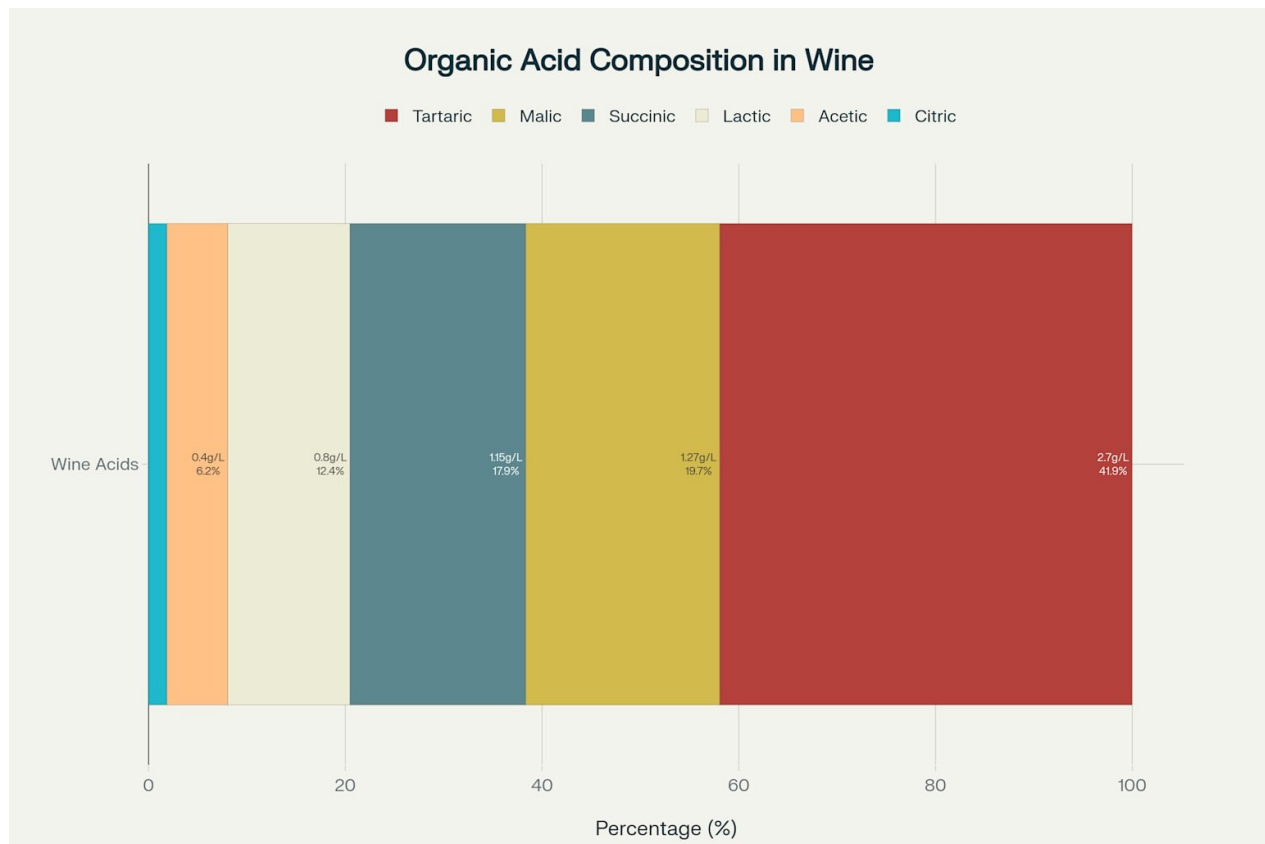
Glycerol: de viscositeitswijziger

Glycerol, chemisch aangeduid als C₃H₈O₃, is het derde meest voorkomende gistingsproduct na ethanol en kooldioxide ^{(7) (8)}. Typische concentraties variëren van 6 tot 25 g/L, met een gemiddelde van 15,5 g/L, wat ongeveer 1,7% van de totale massa van wijn uitmaakt ^{(4) (2) (7)}. Dit polyol draagt aanzienlijk bij aan het mondgevoel en de waargenomen body van wijn, hoewel, in tegenstelling tot wat vaak wordt gedacht, concentraties van meer dan 28 g/l nodig zouden zijn om de viscositeit zinvol te beïnvloeden.

^{(7) (8)}. De glycerolproductie neemt toe onder specifieke fermentatieomstandigheden, waaronder osmotische stress en bepaalde giststamselecties ^{(7) (8)}.

Organisch zuurprofiel: Het zuurkader

De organische zuresamenstelling van wijn vertegenwoordigt een complex evenwicht tussen van druiven afkomstige en door gisting geproduceerde verbindingen, met een totaal van ongeveer 9,5 g/l in typische wijnen ^{(4) (9)} ^{10 11}. Dit zure kader bepaalt fundamenteel de pH van wijn, meestal variërend van 3,0 tot 4,0 en beïnvloedt zowel de zintuiglijke waarneming als de chemische stabiliteit aanzienlijk ^{(9) (1) (0) (1) (1)}.



Verdeling van organische zuren in wijn met de dominantie van wijnsteenzuur

Wijnsteenzuur domineert het zuurprofiel met een gemiddelde bijdrage van 2,7 g/L 41,9% van de totale zuren), met concentraties variërend van 1,0 tot 7,3 g/L afhankelijk van de druivensoort en rijpheid.

⁽¹⁰⁾ ⁽¹¹⁾ Dit diprotische zuur blijft relatief stabiel tijdens de gisting en rijping door zijn weerstand tegen bacteriële afbraak ¹⁰ ¹¹. Appelzuur, het op één na meest voorkomende met 1,27 g/L

19,7% van de totale zuren), vertoont een grotere variabiliteit, variërend van 0,1 tot 4,2 g/L, aanzienlijk beïnvloed door de rijpheid van de druiven en het optreden van malolactische gisting ⁽⁹⁾ ⁽¹⁰⁾ ⁽¹¹⁾.

Van fermentatie afgeleide zuren zijn barnsteenzuur 1,15 g/L, 17,9% van de totale zuren), melkzuur 0,8 g/L, 12,4% van de totale zuren), en azijnzuur 0,4 g/L, 6,2% van de totale zuren) ⁽¹⁰⁾ ⁽¹¹⁾. De melkzuurconcentratie is direct gerelateerd aan de voltooiing van de malolactische gisting, terwijl de azijnzuurconcentratie een indicatie is voor de gezondheid van de gisting en mogelijk bederf ⁽⁹⁾ ⁽¹⁰⁾ ⁽¹¹⁾.

Restsuikergehalte

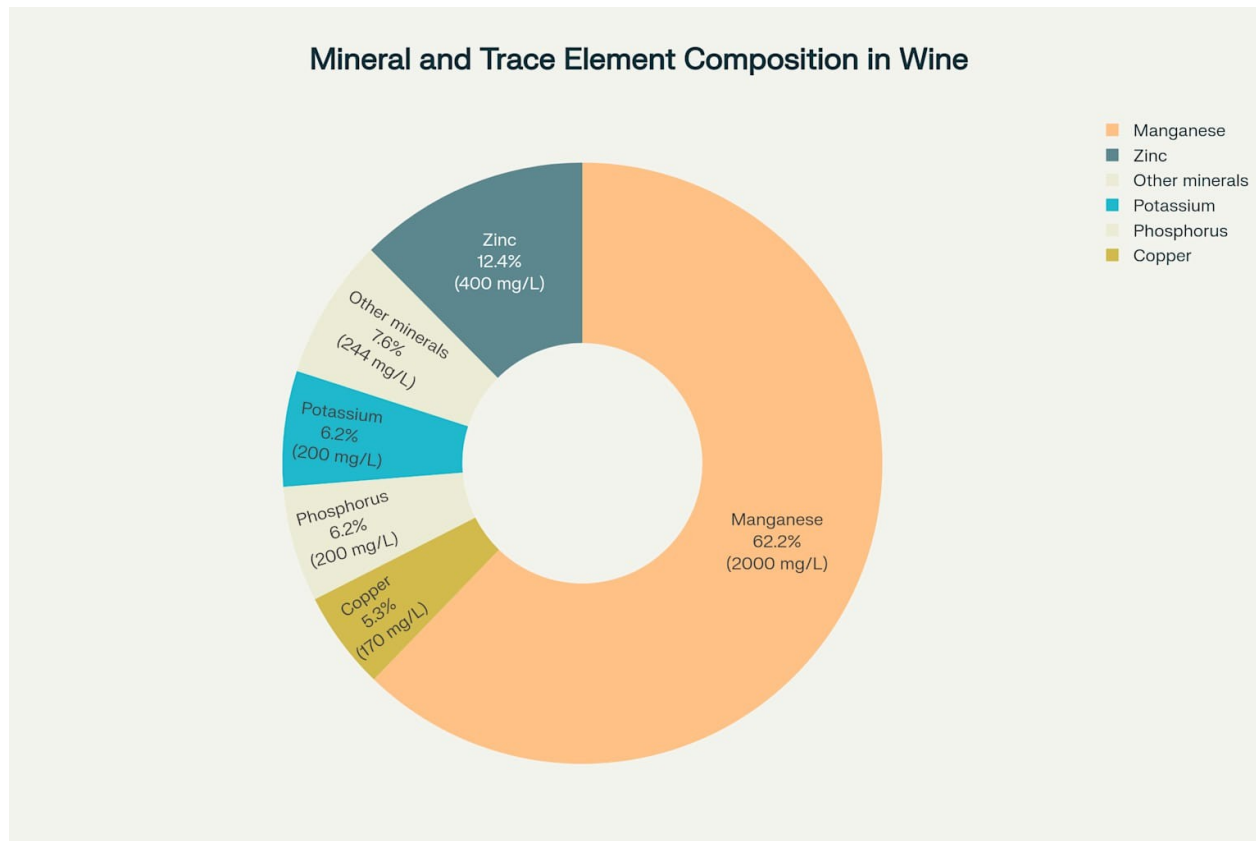
Suikerconcentraties in wijn variëren enorm afhankelijk van de voltooiing van de gisting en de stijl van wijnmaken, variërend van 1 tot 50 g/L met een gemiddelde van 25,5 g/L voor alle wijnstijlen ⁽⁴⁾ ¹² ¹³. Droge wijnen bevatten meestal minder dan 10 g/L restsuiker, terwijl zoete wijnen minder dan 10 g/L restsuiker bevatten.

meer dan 450 g/L in extreme gevallen zoals Tokaji Eszencia ⁽¹²⁾ ⁽¹³⁾ ⁽¹⁴⁾. Zelfs in droge wijnen vindt zelden volledige suikerverwijdering plaats door de aanwezigheid van onvergistbare pentose suikers ⁽¹²⁾ ⁽¹⁴⁾. Het restsuiker bestaat voornamelijk uit glucose en fructose in verschillende verhoudingen, waarbij fructose meestal overheerst in voltooide wijnen vanwege de langzamere vergistingssnelheid ⁽¹²⁾ ⁽¹³⁾.

Minder belangrijke bestanddelen: complexiteitsbepalende factoren

Profiel van mineralen en sporenelementen

Wijn bevat een divers spectrum aan mineralen en sporenelementen van in totaal ongeveer 2,75 g/L, wat neerkomt op ongeveer 0,3% van de totale wijnmassa ⁽⁴⁾⁽²⁾⁽¹⁵⁾⁽¹⁶⁾. Dit mineralenprofiel is van grote invloed op zowel de stabiliteit als de voedingseigenschappen van wijn ⁽¹⁵⁾⁽¹⁶⁾⁽¹⁷⁾.



Minerale samenstelling van wijn met mangaan als dominante sporenelement

Kalium is het belangrijkste mineraal uit voedingsoogpunt, variërend van 99 tot 2000 mg/l met een gemiddelde van 200 mg/l ⁽¹⁵⁾⁽¹⁶⁾⁽¹⁷⁾. Rode wijnen bevatten over het algemeen hogere kaliumconcentraties dan witte wijnen door het grotere contact met de schil tijdens de gisting.

^{16 17}. Mangaan domineert het sporenelementprofiel met een gemiddelde van ongeveer 2.000 mg/L concentratie, hoewel deze extreem varieert van 1.828 tot 7.807 mg/L, afhankelijk van wijnbouwpraktijken en verwerkingstechnieken ⁽¹⁵⁾⁽¹⁷⁾.

Andere belangrijke mineralen zijn zink 400 mg/L gemiddeld), fosfor 200 mg/L, koper 170 mg/L en magnesium 110 mg/L ⁽¹⁵⁾⁽¹⁷⁾. Deze sporenelementen spelen een cruciale rol in enzymatische processen tijdens de gisting en dragen bij aan het antioxidatievermogen van wijn ⁽¹⁵⁾⁽¹⁷⁾.

Fenolverbindingen: Kleur en structuur

Fenolverbindingen, variërend van 0,1 tot 2,5 g/L met een gemiddelde van 1,3 g/L, vormen de structureel meest diverse componentenklasse van wijn ⁽²⁾⁽¹⁸⁾⁽¹⁹⁾. Deze verbindingen, die ongeveer 0,14% van de totale wijnmassa uitmaken, oefenen een invloed uit die veel groter is dan hun kwantitatieve aanwezigheid ⁽¹⁸⁾⁽¹⁹⁾. Het fenolische profiel omvat anthocyanen (tot 700 mg/L in rode wijnen), gecondenseerde tannines 1,2-3,3 g/L, flavonolen (tot 100 mg/L), en verschillende fenolzuren ⁽²⁾⁽¹⁸⁾—¹⁹. Rode wijnen bevatten doorgaans 10 tot 50 keer hogere fenolconcentraties dan witte wijnen als gevolg van maceratieprocessen in de schil ⁽¹⁸⁾⁽¹⁹⁾.

Matrix vluchtige stoffen

Wijn bevat meer dan 600 vluchtige verbindingen die samen het aromatische profiel bepalen, hoewel hun gecombineerde massa zelden meer dan 1 g/L bedraagt ⁽²⁰⁾⁽²¹⁾. Deze verbindingen omvatten esters (20 verschillende soorten), alcoholen (16 soorten), aldehyden (8 soorten), ketonen (4 soorten), terpenen en furanen ⁽²⁰⁾—

²¹. Esters, voornamelijk gevormd tijdens de fermentatie, dragen bij aan fruitige en bloemige aroma's en vertegenwoordigen gewoonlijk 28-32% van de totale vluchtige stoffen ⁽²⁰⁾⁽²¹⁾. Hogere alcoholen vormen 58-62% van de vluchtige bestanddelen in massa, hoewel veel ervan bij hoge concentraties een foezelachtig aroma hebben ⁽²⁰⁾⁽²¹⁾.

Sporenbestanddelen: Miniem maar significant

Eiwit en stikstofverbindingen

Het eiwitgehalte in wijn varieert van 0,3 tot 1,0 g/L, met een gemiddelde van 0,65 g/L, wat de totale stikstofverbindingen van wijn vertegenwoordigt ⁽²²⁾⁽²³⁾⁽²⁴⁾. Deze eiwitten zijn voornamelijk afkomstig van de ontwikkeling van de druif, waarbij ongeveer de helft afkomstig is van de synthese van de bes en de rest van de autolyse van de gist ⁽²²⁾—

⁽²⁴⁾⁽²⁵⁾. Het eiwitprofiel is van grote invloed op de stabiliteit van wijn, met name wat betreft door hitte veroorzaakte waasvorming ⁽²⁴⁾⁽²⁵⁾. Vrije aminostikstof varieert meestal van 140 tot 300 mg/l en is een kritieke parameter voor de voltooiing van de gisting ⁽²²⁾⁽²³⁾.

Vitamine-inhoud

Wijn bevat meetbare concentraties van verschillende B-complex vitaminen, in totaal ongeveer 0,55 g/L ⁽²⁾⁽⁶⁾⁽²⁾⁽⁷⁾. Thiamine (B₁) concentraties dalen dramatisch tijdens de gisting, en behouden slechts 3-5% van de oorspronkelijke druivensap niveaus ⁽²⁾⁽⁶⁾⁽²⁾—⁽⁷⁾. Riboflavine (B₂) concentraties stijgen tijdens de gisting door biosynthese van gist, variërend van 8-133 µg/L in witte wijnen ⁽²⁾⁽⁶⁾⁽²⁾—

⁽⁷⁾. Pyridoxine (B₆) is gemiddeld 1,25 mg/L in rode wijnen en 0,88 mg/L in witte wijnen ⁽²⁾⁽⁶⁾⁽²⁾—⁽⁷⁾. Wijn bevat verwaarloosbare hoeveelheden vitamine B₁₂, aangezien deze vitamine uitsluitend in dierlijke producten voorkomt.

²⁷(.)

Zwavelverbindingen

Zwavelhoudende verbindingen in wijn omvatten zowel natuurlijk voorkomende als toegevoegde stoffen, met totale zwavelconcentraties variërend van 105-165 mg/L ⁽²⁸⁾⁽²⁹⁾. Sulfaat is met 50-81 mg/L de belangrijkste zwavelsoort, gevolgd door sulfiet met 18-24 mg/L vrij sulfiet en 41-63 mg/L totaal sulfiet na hydrolyse ⁽²⁸⁾⁽²⁹⁾. Methionine draagt 0,5-1,0 mg/L zwavelequivalent bij, terwijl verschillende andere zwavelverbindingen goed zijn voor de resterende fractie ⁽²⁸⁾⁽²⁹⁾. Het zwavelprofiel

heeft een significante invloed op de chemie van wijn en beïnvloedt de polymerisatie van fenolverbindingen en de oxidatiebestendigheid ⁽²⁹⁾.

Aldehyde profiel

Aldehyden vertegenwoordigen een cruciale maar kwantitatief minder belangrijke componentklasse, met een gemiddelde van 0,055 g/L

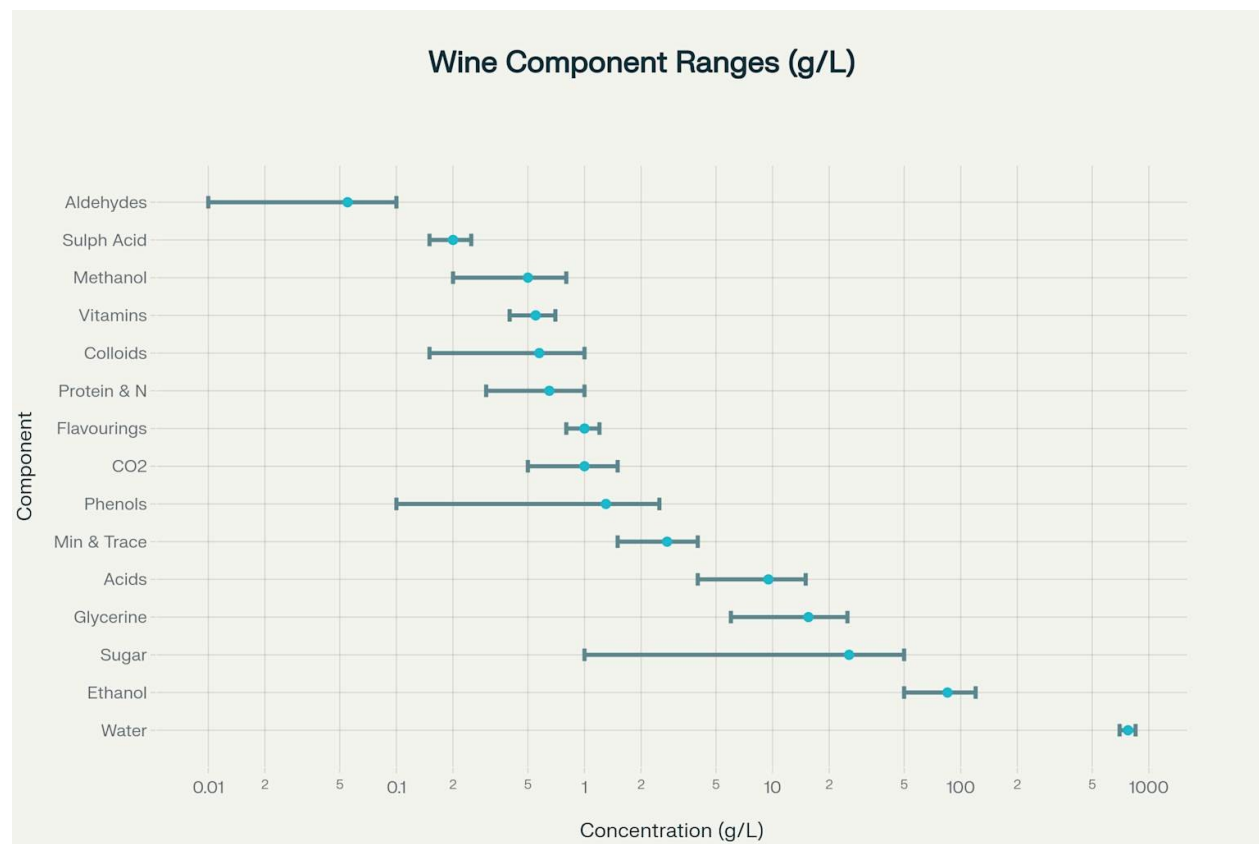
⁽³⁰⁾⁽³¹⁾. Acetaldehyde domineert deze fractie, met concentraties die gewoonlijk variëren van 3 30 mg/l in goed gegiste wijnen ⁽³⁰⁾⁽³¹⁾. Strecker-aldehyden, waaronder isobutyraldehyde, 2 methylbutanal, isovaleraldehyde, methional en fenylacetaldehyde, dragen ondanks hun minieme concentraties aanzienlijk bij aan het wijnaroma ⁽³⁰⁾. Aldehyde-accumulatiepatronen verschillen duidelijk tussen jonge en oude wijnen, waarbij oude wijnen een grotere acetaldehyde-accumulatiecapaciteit hebben ⁽³⁰⁾⁽³¹⁾.

Kooldioxidegehalte

Zelfs stille wijnen bevatten opgelost kooldioxide, meestal variërend van 0,5 tot 1,5 g/L met een gemiddelde van 1,0 g/L ⁽³²⁾⁽³³⁾. Witte wijnen hebben over het algemeen een hoger CO₂-gehalte 1,0 1,4 g/L dan rode wijnen 0,2 0,8 g/L afhankelijk van stijl en leeftijd ⁽³²⁾⁽³³⁾. Deze opgeloste CO₂ heeft een significante invloed op de sensorische perceptie van wijn, waardoor de perceptie van zoetheid wordt versterkt en de perceptie van bitterheid wordt verminderd ⁽³²⁾—

³³. Het CO₂-gehalte beïnvloedt zowel de textuur als de smaakperceptie van wijn en draagt bij aan de fris, knisperend karakter dat vooral gewaardeerd wordt in witte wijnen ³² ³³.

Kwantitatieve integratie en analytische implicaties



Concentratiebereiken van chemische componenten in wijn die de enorme verschillen in schaalgrootte laten zien

Uit de volledige analyse van de samenstelling blijkt dat wijn een opmerkelijk geconcentreerde oplossing is, met een totaalgehalte aan opgeloste vaste stoffen dat gewoonlijk varieert van 17 tot 30 g/l, met een gemiddelde van ongeveer 22 g/l ⁽¹⁾. Deze concentratie ligt ten grondslag aan de aanduiding van wijn als kwaliteitsdrank, waarvoor een minimum extractgehalte van 20 g/L nodig is om kwaliteit te kunnen classificeren ⁽¹⁾. Het suikervrije extract, berekend door restsuiker af te trekken van het totale extract, is de meest betrouwbare indicator voor de kwaliteit van wijn en mogelijke vervalsing ⁽¹⁾.

De enorme concentratieverschillen tussen wijnbestanddelen, die zes orden van grootte beslaan, van hoofdbestanddelen tot sporenelementen, maken geavanceerde analytische benaderingen noodzakelijk ⁽²⁾—

³. Moderne wijnanalyses maken gebruik van technieken zoals hogedrukvlloeistof chromatografie, gaschromatografie-massaspectrometrie, kernspinresonantiespectroscopie en inductief gekoppelde plasmamassaspectrometrie voor een uitgebreide karakterisering van de samenstelling ⁽²⁾⁽³⁾⁽¹⁸⁾.

Conclusie

De kwantitatieve samenstelling van een liter wijn is een opmerkelijk staaltje van natuurlijke chemie, waarbij meer dan 7000 verschillende verbindingen in precieze verhoudingen samenkomen om een drank van buitengewone complexiteit te creëren ⁽¹⁾⁽²⁾. Van de overweldigende dominantie van water met 775 g/L tot sporen van aldehyden met 0,055 g/L, draagt elk bestanddeel bij aan het unieke sensorische en voedingsprofiel van wijn ⁽⁴⁾⁽²⁾. Dit inzicht in de samenstelling vormt de basis voor kwaliteitsbeoordeling, verificatie van authenticiteit en voortdurende vooruitgang in wijnbouw- en enologische wetenschappen ⁽¹⁾⁽³⁾⁽¹⁹⁾. Het ingewikkelde evenwicht van deze bestanddelen, bereikt door eeuwen van evolutie in de wijnbouw, toont de opmerkelijke precisie die inherent is aan traditionele gistingsprocessen en de blijvende relevantie van kwantitatieve wijnchemie in de moderne productie ⁽²⁾
34.)

✱

Bronnen:

<https://www.mdpi.com/2306-5710/8/1/1>

<https://www.lifeasible.com/wine-composition-analysis/>

Schermafbeelding-2025-06-07-om-10.50.48.jpg

<https://www.vivino.com/wine-news/wine-chemistry-101-wat-wijn-is-van-gemaakt>

<https://wine-elabels.eu/en/υπολογισμός-της-ενεργειακής-αξίας-to/>

<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5328816/>

<https://www.decanter.com/learn/what-is-glycerol-ask-decanter-445840/>

https://en.wikipedia.org/wiki/Acids_in_wine

<https://www.openaccessjournals.com/articles/identification-of-organic-acids-in-wine-analytical-multitechniek-chemische-modellering.pdf>

https://www.awri.com.au/files/attachment/technical_review_issue_221_wilkes/

https://en.wikipedia.org/wiki/Sweetness_of_wine

<https://winefolly.com/deep-dive/what-is-residual-sugar-in-wine/>

<https://caveguillod.ch/en/what-is-the-difference-between-dry-en-zoete-wijn/>

<https://fitaudit.com/food/139701/minerals>

<https://www.winespectator.com/articles/health-is-wine-high-in-potassium>

<https://www.mdpi.com/1420-3049/24/2/248>

<https://www.iscientific.org/wp-content/uploads/2023/11/6-ijcbs-23-24-5-7-gedaan-2.pdf>

<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7760515/>

<https://www.extension.iastate.edu/wine/wine-aroma-mini-series-part-1-esters/>

<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9497463/>

<https://www.yara.co.uk/crop-nutrition/grapes/nitrogen-compounds-in-the-wine-grape-must/>

<https://www.yara.com.au/crop-nutrition/wine-grapes/nitrogen-compounds-in-the-wine-grape-must/>

<https://www.thedriftingwinemaker.com/wine-proteins-stability/>

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10775353/>

https://extranet.bivb.com/technique-et-qualite/nos-projets/oenologie/gallery_files/site/2992/48177/6739.pdf

<https://www.winespectator.com/articles/wine-vitamin-b-alcohol-health>

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31708021/>

<https://daily.sevenfifty.com/how-sulfites-affect-a-wines-chemistry/>

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29492401/>

<https://www.ithaka-journal.net/the-enological-significance-of-acetaldehyde?lang=en>

<https://www.wineaustralia.com/news/articles/dissolved-carbon-dioxide-beliefs-questioned>

<https://agrovin.com/en/the-influence-of-carbon-dioxide-in-bottled-wine/>