



El potencial medicinal de la cúrcuma

TEXT: Àngel Bistué Rovira

*Si parlem de sajolida, rementerola, marduix, fonoll, poncem, segurament ens trobarem que molta gent no sap a què ens referim. Tot i això, si es parla de la cúrcuma, és probable que gairebé tothom n'hagi sentit a parlar. La cúrcuma (*Curcuma longa*) es podria dir que és, de forma similar a Aloe vera i la soja (*Glycine max*), una planta de moda. No hi ha pràcticament ningú a qui no li soni, i és freqüent veure informació que ens parla de les seves múltiples propietats medicinals i virtuts culinàries. Amb aquest escrit mirarem de donar a conèixer una mica millor l'origen d'aquesta espècie i, alhora, valorarem si el seu potencial medicinal es correspon amb la fama que té.*

Tot i que la cúrcuma està de moda i és força coneguda, segurament trobaríem que el nivell de coneixement sobre aquesta planta disminueix progressivament quan preguntem per detalls dels seus aspecte o biologia. Molts sabran que és una espècie que s'utilitza en forma d'una pols groga, però no tants, que l'origen d'aquesta pols és un rizoma, i segurament molt pocs sabrien descriure la planta sencera. La planta de la cúrcuma presenta rizomes subterranis que poden formar xarxes força extenses, dels quals en sorgeixen tiges folioses, relativament robustes, de fins a 1 m d'alçada. Les tiges aèries poden tenir fins a unes 10 fulles, el·líptiques o oblongolanceolades, que neixen arran de terra, de fins a uns 70 cm de llarg, primes, disposades alternament de forma dística. A l'estiu, fa flors en espigues curtes i denses, d'un color groc pàl·lid. Tot i això, si al nostre entorn és difícil observar una planta de cúrcuma, contemplar-ne les flors és encara més complicat. Si que podem gaudir de les flors de *Curcuma alismatifolia*, una planta del mateix gènere que es comercialitza com a decorativa d'interior, que tenen una forma molt similar, però són d'un color rosa morat intens. Més avall podeu veure la taxonomia, la filogènia, i una il·lustració botànica de *Curcuma longa*.

A l'òrgan subterrani, hi podem distingir el tubercle primari, el·lipsoidal, que es forma a la base de les tiges aèries, amb anells formats per les bases de les antigues fulles, que es disposen en escala; i múltiples rizomes laterals cilíndrics, amb forma similar a la d'un dit, que es formen a la maduresa i que es ramifiquen formant una xarxa. Aquests rizomes són carnosos, d'un color groc taronja intens a l'interior, amb força capacitat de tinció, i normalment des-

prenen un aroma pungent si es trenquen. Tot i que es pot fer servir fresc, el que s'utilitza normalment a la cuina és una pols fina d'un groc molt intens, resultat de bullir-lo, assecar-lo i moldre'l.

Sistemàticament, la cúrcuma és una planta monocotiledònica de la família de les zingiberàcies, relativament propera al gingebre. Està també emparentada amb plantes com les canyes d'Índia (*Canna indica*), l'estrelitzia o ave del paraíso (*Strelitzia reginae*), o els bananers (*Musa sp.*). És nativa

del sud-est asiàtic, i per a un desenvolupament correcte requereix un clima càlid amb humitat ambiental, de manera que el cultiu a gran escala està relativament limitat a àrees de clima tropical. A les nostres contrades, la part aèria es mor cada any, i no és fins ben avançada la primavera, quan la temperatura comença a ser elevada, que torna a brotar a partir del seu rizoma perenne.

La cúrcuma és un ingredient culinari de llarga tradició a l'Índia i altres països asiàtics, tractant-se

Regne: *Plantae*

Divisió: *Magnoliophyta* (Angiospermes)

Classe: *Liliopsida* (Monocotiledònies)

Subclasse: *Commelinidae* (Commelinídes)

Ordre: *Zingiberales*

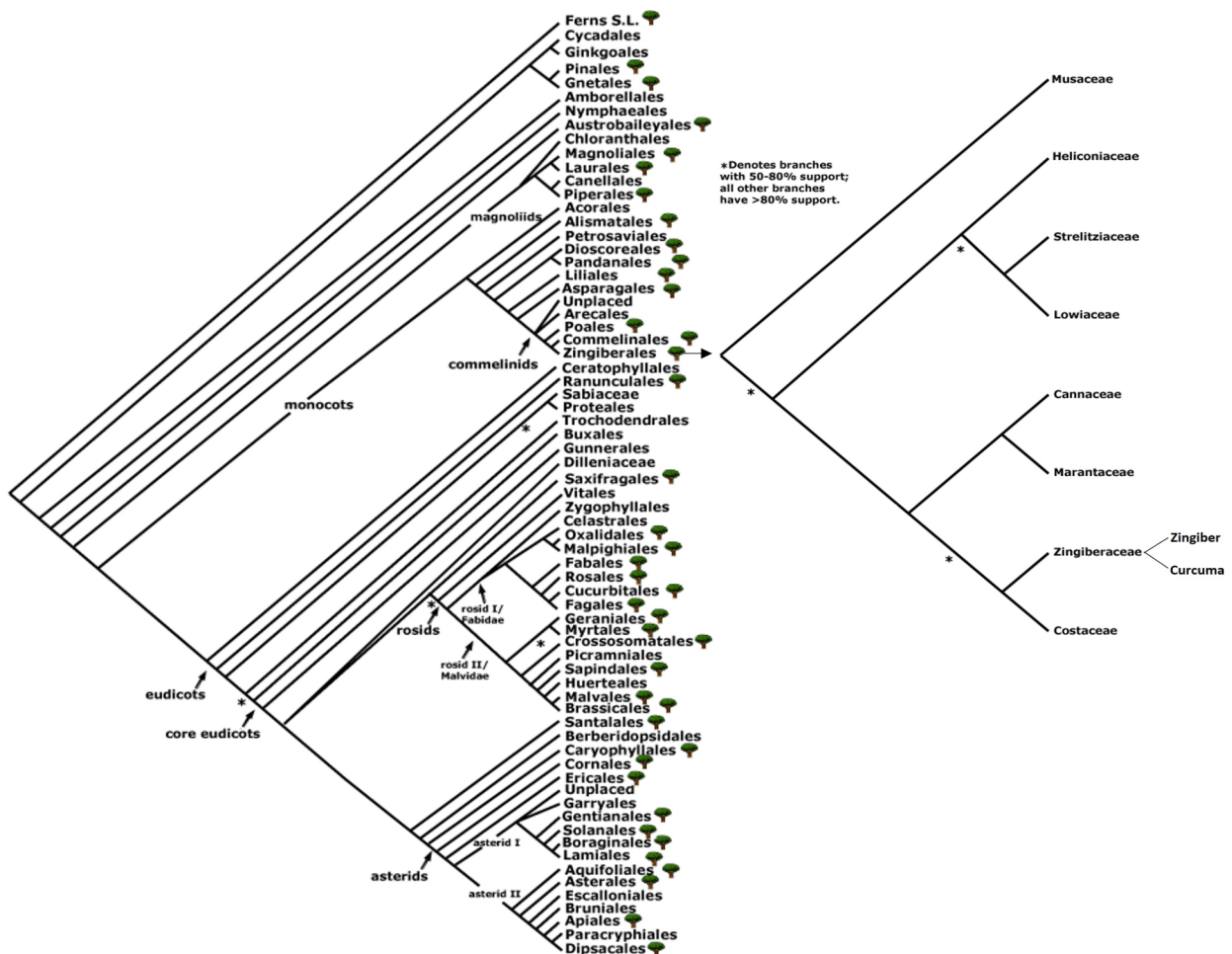
Família: *Zingiberaceae*

Gènere: *Curcuma*

Espècie: *Curcuma longa* L.

Taxonomia de *Curcuma longa*.

Filogenia de *Curcuma longa*. La cúrcuma pertany a l'ordre Zingiberales. Pertanyen a aquest ordre altres plantes tan conegudes com el gingebre (*Zingiber officinale*), el plàtan (*Musa sp.*), les estrelitzies (*Strelitzia sp.*), les canyes d'Índia (*Canna sp.*) o l'helicònia (*Heliconia sp.*). Adaptat d'Angiosperm Phylogeny Website.



Responsabilitat i precaució amb les plantes



Il·lustració botànica de la cúrcuma (*Curcuma longa*), Köhler's Medizinal-Pflanzen.

d'un dels components indispensables del curri. Com a ús menys tradicional, actualment es pot trobar com a colorant alimentari en molts productes, on s'etiqueta com a E100. Una de les raons d'aquest ús, a part de la coloració intensa, és que no té un gust especialment marcat.

D'altra banda, també ha estat utilitzada des de l'antiguitat per la medicina aiurvèdica i xinesa, amb la finalitat de tractar problemes gastrointestinals, hepàtics, biliars, i nerviosos, anorèxia, inflamació, dolor i problemes reumàtics, infeccions, constipats, asma, al·lèrgies, febres, i per a guarir ferides i tractar problemes cutanis. L'Agència Europea del Medicament (EMA) n'aprova l'ús per a tractar problemes digestius, amb sensació de distensió abdominal, digestió pesada o flatulència. Pel que fa a la presentació, indica que pot ser en pols, infusió, tintura o extracte sec.

Composició

Els principals compostos actius de la cúrcuma són els curcuminoides, dels quals, la curcumina és el més extensament estudiat. També anomenat diferuloilmetà, es tracta d'un compost fenòlic present en el rizoma de la cúrcuma i altres espècies de la família. Químicament, la curcumina és un polifenol, i més concretament, un diarilheptanoide: dos anells

aromàtics (grups aril) units per una cadena de set carbonis (heptà). En estat pur es presenta com una pols composta per cristalls allargats, i té una solubilitat molt limitada en aigua i altres solvents polars. En canvi, és soluble en àcid acètic i etanol. En dimetilsulfòxid (DMSO), compost utilitzat freqüentment com a solvent en estudis *in vitro* amb fàrmacs i altres compostos actius, la solubilitat és superior a 11 mg/mL. La curcumina és un compost estable en condicions d'emmagatzematge estàndards, i no consta com a fotolàbil¹ ni termolàbil².

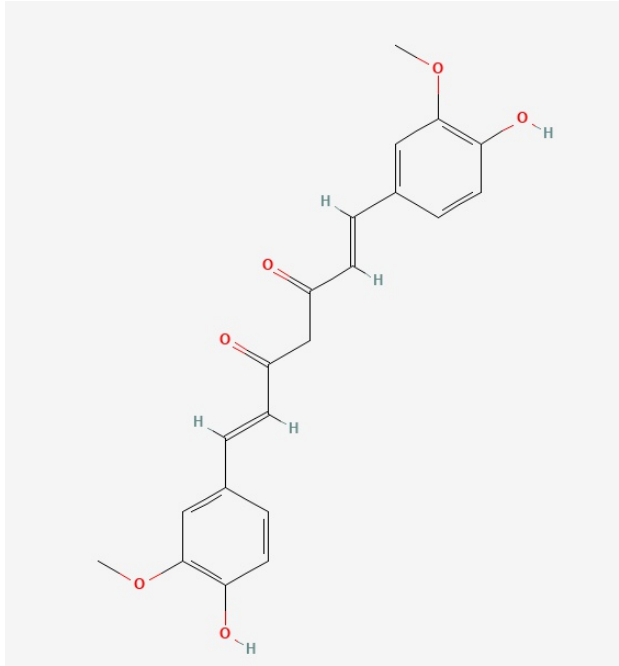
A més de *Curcuma longa*, altres plantes filogenèticament properes contenen curcumina, com poden ser *Curcuma mangga*, *Curcuma zeodaria*, *Curcuma aromatica*, *Curcuma xanthorrhiza* o *Zingiber cassumunar*. La cúrcuma té una concentració de curcumina d'unes 38.888 ppm (al voltant d'un 3,9%). D'altra banda, la cúrcuma també conté els curcuminoides demetoxicurcumina i bisdemetoxicurcumina, molt similars a la curcumina i amb una activitat farmacològica semblant, tot i que es troben en menors proporcions i no han estat tan extensament estudiats.

Els curcuminoides tenen uns origen i estructura propers als gingerols, compostos presents en el gingebre, que és una planta filogenèticament propera a la cúrcuma. La ruta de síntesi d'ambdós compostos es va començar a estudiar ja a la dècada dels 1970, i encara no es coneix exactament. A la pàgina següent podeu veure un esquema de la via de síntesi de curcuminoides i gingerols.

Efectes farmacològics / aplicacions

Pel que fa a la farmacologia, la curcumina té efectes pleiotròpics, és a dir que actua sobre sistemes i vies de l'organisme diversos. Així doncs, mostra activitat antibacteriana, antimicrobiana, antiinflamatòria, antioxidant, hipoglicèmica i cicatritzant, entre d'altres. Ha estat estudiada per a tractar patologies com la proteïnúria, la mucositis, i malalties d'origen nerviós com la depressió, alguns tipus d'esquizofrènia o el deteriorament cognitiu lleu. També hi ha estudis sobre el seu potencial clínic com a cardioprotector, trombosupressiu i antiartrític.

Durant les darreres dècades, la curcumina ha anat guanyant un protagonisme considerable en la recerca oncològica. Ha mostrat efectes positius en alguns tumors, amb acció sobre diverses vies de progressió del càncer, alta especificitat i baixes taxes d'aparició de resistència per part de les cèl·lules tumorals. Un dels



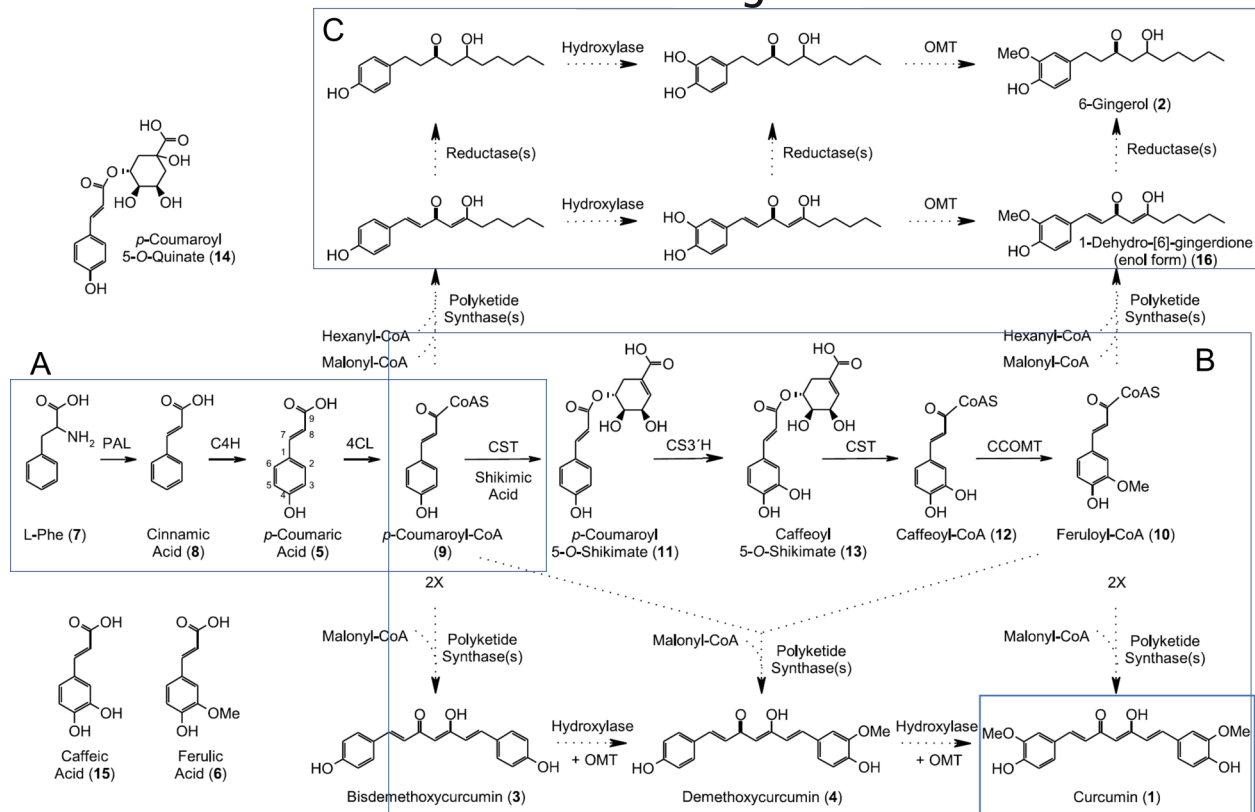
Estructura química de la curcumina. PubChem.

motius és la reducció de les vies de supervivència i la inducció d'apoptosi (mort cel·lular programada) en les cèl·lules canceroses. A més, no s'ha trobat que generi toxicitat a les dosis efectives, i s'ha descrit que en cèl·lules tumorals assoleix un efecte tòxic a dosis molt menors que en cèl·lules sanes. Per aquests motius, la curcumina es presenta com una opció per ajudar a combatre, en combinació amb certs tractaments, diversos tipus de càncer, i revertir la resistència als fàrmacs mentre s'afecta mínimament les cèl·lules normals. Alguns dels càncers en els quals s'ha estudiat són el de còlon i recte, de pàncrees, de pròstata, de mama, de pulmó no microcític, el mieloma múltiple o la leucèmia mieloide crònica.

La principal limitació es troba en la baixa biodisponibilitat de la curcumina, sobretot de forma oral, a causa de la baixa absorció al tracte gastrointestinal. Això suposa que, a la pràctica, sigui complicat assolir *in vivo*, és a dir, en les cèl·lules d'un organisme viu, les concentracions de curcumina que generen resultats òptims *in vitro*, és a dir, directament afegida a un cultiu cel·lular³.

Via biosintètica de la curcumina, altres curcuminoides i gingerols, adaptat de Ramirez-Ahumada et al., 2006

Gingerols



Curcuminoides

Responsabilitat i precaució amb les plantes

La baixa biodisponibilitat de la curcumina ve donada en bona part pel seu ràpid metabolisme al fetge i l'intestí. Segons un estudi realitzat amb rates i humans, la coingestió de curcumina amb piperina, un alcaloide del pebre que inhibeix el metabolisme de la molècula en aquests òrgans, n'augmentaria la biodisponibilitat en un 2000%. Des de la data de l'estudi, realitzat el 1998, fins a l'actualitat, s'han realitzat múltiples estudis combinant curcumina amb piperina a fi d'avaluar formulacions que en puguin optimitzar la biodisponibilitat. D'altra banda, el problema de la baixa biodisponibilitat també es pot reduir amb certes presentacions que n'augmenten l'absorció. A causa de la baixa solubilitat en aigua, la curcumina s'ha de presentar amb olis o altres solvents apolars. En els darrers anys s'han realitzat múltiples assajos en què s'ha estudiat el benefici que pot suposar la presentació en diferents formulacions de liposomes⁴ o nanopartícules. En general, en aquests assajos s'han obtingut millores importants en l'absorció, l'estabilitat i la biodisponibilitat.

No hi ha gaire informació sobre com es distribueix la curcumina en l'organisme un cop absorbida. En un estudi realitzat amb rates, després d'una administració oral no se'n va poder arribar a detectar en la sang del cor, tot i que, en nivells baixos, sí que se'n va poder detectar en la sang portal i en el fetge i el ronyó⁵. En un altre estudi amb rates, el teixit on es va detectar més curcumina va ser el de la mucosa intestinal, seguit del fetge, el cor i el ronyó⁶. Aquests resultats expliquen, en bona part, l'eficàcia de la cúrcuma per a tractar problemes hepàtics i gastrointestinals, i que un dels càncers en què la curcumina hagi presentat resultats més bons sigui el de còlon. A nivell cel·lular, la curcumina és internalitzada per transport passiu tant en cèl·lules sanes com tumorals, però en major mesura en aquestes segones, i a causa del seu caràcter lipòfil⁷ s'acumula especialment a la membrana cel·lular, seguida de la del nucli.

Com s'ha comentat, la curcumina és ràpidament metabolitzada a l'intestí i al fetge, on es produeixen metabòlits com la tetrahydrocurcumina, l'hexahydrocurcumina o l'àcid ferúlic. Alguns d'aquests metabòlits conserven certa activitat farmacològica antioxidant i antiinflamatòria. La majoria s'excreten per la bilis. En una prova realitzada amb rates es va veure que el 75% de la curcumina administrada de forma oral s'eliminava amb la femta, mentre que a l'orina només se n'hi van trobar traces. En un altre



La cúrcuma en flor (*Curcuma longa*).

estudi es va determinar que un 60% de la curcumina administrada de forma oral es va absorbir, mentre que un 40% es va excretar sense canvis amb la femta. Amb la injecció per via peritoneal, un 73% es va expulsar per excreció fecal i un 11% per via renal (orina).

Mecanismes d'acció

Els mecanismes d'acció pels quals la curcumina produeix els seus efectes medicinals són diversos:

- L'estructura química, amb dos anells aromàtics⁸ units per una cadena de 7 carbonis i amb diversos enllaços insaturats⁹, li permet cedir electrons i fa que pugui tenir afinitat per múltiples biomolècules amb unions covalents i no covalents. Aquesta afinitat és afavorida per l'elevada hidrofòbia, les unions d'hidrogen i la flexibilitat del grup d'unió dels dos fenols¹⁰ (grups aril¹¹). Això afavoreix que es pugui unir a múltiples enzims i proteïnes i actuar com un inhibidor d'ampli espectre. Alguns exemples són la ciclooxigenasa (responsable de la síntesi de prostaglandines) o múltiples enzims del complex citocrom P-450¹² (responsable del metabolisme hepàtic de molts fàrmacs). També és inhibidora de l'activació de les plaquetes.

- D'altra banda, és transportada per la glicoproteïna P (proteïna encarregada d'expulsar fàrmacs de dins les cèl·lules), de manera que en redueix l'eficiència i fa que augmenti la concentració intracel·lular de fàrmac.

- La mateixa estructura química li dona un elevat poder antioxidant, capaç de segrestar i neutralitzar radicals lliures i espècies reactives d'oxigen, inhibir la peroxidació de lípids, i inhibir el dany en l'ADN produït per peròxid.

- També pot actuar com a agent quelant¹³, reduint la toxicitat produïda per alguns metalls.

Els mecanismes d'acció anomenats li confereixen una acció d'ampli espectre; per això pot produir una gran diversitat d'efectes. Com s'ha comentat, un d'extensament estudiat és l'efecte anticancerós i quimiosensibilitzador (augment de la susceptibilitat de les cèl·lules tumorals als tractaments). En aquest sentit, alguns mecanismes implicats són la inhibició del factor de creixement vascular endotelial (VEGF), que està implicat molt sovint en la formació de vasos sanguinis al voltant dels tumors, factor que n'afavoreix la irrigació, la supervivència i el creixement. Un altre efecte és l'antiinflamatori, ja que la inflamació té una implicació molt important en el desenvolupament del càncer. També cal esmentar l'efecte quimiopreventiu, ja que la curcumina pot neutralitzar parcialment i reduir els efectes negatius de substàncies tòxiques. A més, pot actuar d'inhibidor d'enzims i vies de supervivència i proliferació cel·lular, moltes vegades sobreactivats en cèl·lules canceroses. Mereix una especial referència la inhibició de NF-κB¹⁴, un factor de transcripció clau en el desenvolupament de la inflamació, sobreexpressat en molts càncers, en què sol causar una major proliferació de les cèl·lules i una major resistència als tractaments. Alhora, la inhibició d'aquest factor pot tenir un efecte protector en cèl·lules sanes, ja que en cèl·lules amb un metabolisme normal, la inflamació no és positiva. Finalment, val la pena comentar que la curcumina sol ser antio-

xidant a dosis baixes (segurament les que s'assoleixen quan s'utilitza en alimentació), però pot arribar a tenir l'efecte contrari a dosis elevades o si es combina amb certs fàrmacs. En aquests casos promou l'oxidació (en part, per la inhibició d'alguns enzims antioxidants propis de l'organisme). Aquestes dosis serien relativament difícils d'assolir si no s'utilitzen formulacions específiques, però l'efecte també pot ser interessant, ja que les cèl·lules tumorals presenten uns nivells d'oxidació més elevats que les cèl·lules sanes, i aquest augment pot afavorir que col·lapsin i morin abans (de fet, aquest és el mecanisme que utilitzen molts fàrmacs de quimioteràpia¹⁵).

Els mecanismes exposats permeten explicar gran part dels efectes medicinals de la curcumina i, per tant, també de la cúrcuma. Els efectes antioxidant i antiinflamatori són possiblement els més rellevants i l'origen de molts altres efectes beneficiosos, com ara l'analgèsic, l'antipirètic, l'antireumàtic, el trombopressiu o el cardioprotector. En aquests dos darrers casos també és molt rellevant l'efecte d'inhibidor plaquetari. D'altra banda, els curcuminoïdes actuen com a compostos amargs, colagogs, estimulen la secreció de bilis i aporten múltiples beneficis gastrointestinals. Com molts compostos fenòlics d'origen vegetal, la curcumina també té activitat antimicrobiana.

Pel que fa a possibles efectes tòxics, pràcticament no n'hi ha cap de registrat. En alguns casos s'ha vist que podria produir efectes gastrointestinals adversos de poca gravetat. Per l'efecte estimulador de la secreció de bilis, cal tenir cura si es pateixen càlculs o una possible obstrucció de les vies biliars. En estudis diversos amb ratolins i rates no s'han vist efectes tòxics a dosis de fins a 5 g/kg, ni efectes sobre comportament, pes, paràmetres sèrics, hematològics, oftàlmics, ni d'urianàlisi¹⁶, ni toxicitat reproductiva. Únicament en un estudi, una dosi molt elevada, de fins a 10.000 ppm en la dieta (1 gram per cada 100 g de menjar), va produir una lleu reducció en el pes de les cries. Malgrat tot, l'EMA en desaconsella l'ús medicinal durant l'embaràs i la lactància en considerar que no hi ha estudis suficients per garantir-ne plenament la seguretat d'ús.

Com s'ha comentat, la curcumina és un inhibidor del complex del citocrom P-450 (CYP3A), central en el metabolisme de molts fàrmacs, i s'ha descrit que pot elevar els nivells d'alguns enzims hepàtics, tot i que sense arribar a produir dany ni

Un rodal de cúrcuma.



causar cap simptomatologia. Per aquest motiu, però, es considera que la curcumina podria interaccionar amb diversos medicaments, augmentant-ne la concentració en plasma o reduint-ne el metabolisme. Algunes d'aquestes interaccions potencials es recullen a la base de dades DrugBank i inclouen fàrmacs com l'ibuprofèn, el sintrom (acenocumarol) o les benzodiazepines. Tot i això, aquestes interaccions són teòriques, no vol dir que s'arribin a observar a la realitat, i encara menys a les dosis de curcumina que s'assoleixen amb l'alimentació (recordem que la cúrcuma només conté un 4% de curcumina).

La cúrcuma és una planta fascinant, d'origen exòtic, que ha gaudit d'una gran estima en els seus llocs d'origen tant des del punt de vista gastronòmic com del medicinal. L'ús de la cúrcuma també va prenent rellevància en països amb menys tradició. D'altra banda, veiem que l'ús medicinal respon a uns compostos amb una química i uns mecanismes d'acció concrets, i que té, per tant, una base científica. Cal remarcar, alhora, que factors com l'absorció i la biodisponibilitat reduïdes en limiten l'efecte, i en molts casos impedeixen que sigui la panacea que aparenta ser en molts estudis *in vitro*, sobretot si el que utilitzem és cúrcuma en forma de condiment. Malgrat tot, és recomanable utilitzar-la; mil·lennis d'història a l'orient donen suport als seus beneficis medicinals i gastronòmics. Prepareu-la sempre de forma adient, amb olis millor que amb aigua. Si l'acompanyeu amb una mica de pebre, és probable que en potenciï els beneficis.

La majoria de plantes medicinals, aromàtiques i culinàries són una font de salut. No només la cúrcuma. A casa nostra tenim la sort de comptar amb un gran repertori de plantes, condiments i hortalisses amb un gran nombre de compostos amb efectes beneficiosos demostrats. En una societat cada vegada més sobremedicada, totes elles ens poden donar un cop de mà per mantenir una bona salut. Entre d'altres coses, perquè el fet de fer-ne ús és sinònim de menjar sa, amb cuina tradicional, allunyada dels menjars ràpids i preparats. Els medicaments són molt útils quan patim malalties i dolences, però és més interessant no arribar a desenvolupar-les. En això, moltes vegades, el fet de tenir uns bons hàbits de vida i una alimentació sana i equilibrada pot ser decisiu. Així doncs, m'acomio desitjant-vos salut i molta botànica.

Si voleu més detalls sobre el tema, podeu consultar el treball *Potencial ús de la curcumina en el tractament de la Leucèmia Limfocítica Crònica*, disponible online: <https://www.tdx.cat/handle/10803/671047?locale-attribute=ca#page=1>.

Àngel Bistué Rovira: Graduat en Biologia i doctorat en Biologia i Biotecnologia Vegetal per la UAB. Vaig fer la tesi a l'Institut de Recerca contra la Leucèmia Josep Carreras, en l'àmbit dels principis actius d'origen vegetal. He cursat el Màster en Fitoteràpia de la UB. He sigut professor de Fisiologia Vegetal a la UVic. Actualment treballo com a biòleg, i soc professor associat de la Unitat de Toxicologia de la UAB.

PEUS DE PÀGINA

1. Fotolàbil: susceptible de canvi per acció d'energia radiant, especialment provinent de la llum. Inestable en presència de llum (oposat a fotoestable).
 2. Termolàbil: susceptible de canvi per acció d'energia calorífica. Inestable en presència de calor (oposat a termoestable).
 3. Per tenir una referència, en el camp de l'oncologia els estudis *in vitro* utilitzen freqüentment concentracions de curcumina en un rang entre 1 i 10 µM (de 0,37 mg/L a 3,7 mg/L), sense excloure que a vegades s'utilitzin concentracions fora d'aquest rang segons el cas. Des de la meua experiència treballant en estudis amb leucèmia limfocítica crònica, les dosis entre 1 i 10 µM van ser realment les més adequades. Dosis inferiors a 1 µM començaven a mostrar un efecte molt baix o nul, mentre que a partir de 10 µM són dosis que podríem començar a considerar poc realistes per la dificultat d'assolir-les *in vivo*. Al final, la dosi que vam utilitzar més freqüentment va ser la de 5 µM (1,84 mg/L). Com a exemples *in vivo*, en un estudi amb rates, l'administració oral de 2 g de curcumina va resultar en concentracions plasmàtiques de menys de 5 mg/L, i en un estudi clínic de fase I l'administració oral de 8 g de curcumina per dia va permetre assolir una concentració pic mitjana en plasma al voltant d'1,77 µM (el que equival a 0,65 mg/L), al cap d'1-2 hores de l'administració, i que després va anar disminuint durant 12 hores. Com es pot veure, van ser concentracions en plasma més aviat baixes, sobretot tenint en compte que són el pic (la màxima que s'arriba a assolir) i que es van obtenir amb dosis orals diàries més que considerables.
 4. Liposoma: estructura esfèrica composta d'una o més capes de fosfolípids. Aquestes capes formen una mena de bombolla hidròfoba (no hidrosoluble) dins la qual s'hi poden encapsular substàncies hidrosolubles per tal de procurar-ne el transport i alliberació controlada en l'organisme.

5. Es va administrar una dosi oral de 400 mg. La impossibilitat de detectar-ne en sang del cor significa que els valors assolits van ser inferiors a 0,5 µg/mL. En sang portal es va detectar a concentracions menors de 5 µg/mL, i en fetge i ronyó, menors de 20 µg/g de teixit. L'absorció va ser al voltant d'un 60% de la dosi administrada.
 6. Es va administrar una dosi oral de curcumina de 340 mg/kg. Es va detectar una concentració en plasma de 16,1 ng/mL, i en orina, de 2 ng/mL. Les concentracions detectades en teixits van ser 1,4 mg/g en mucosa intestinal, 3671,8 ng/g en fetge, 807,6 ng/g en cor, i 206,8 ng/g en ronyó. Es van detectar diversos metabòlits en plasma i orina (glucuronids fenòlics i alcohòlics) i productes de la reducció de la curcumina en el fetge.
 7. Lipòfil, lipòfila: una substància, grup químic o molècula és lipòfila quan presenta afinitat pels lípids; tendeix a ser insoluble en aigua, però soluble en olis o greixos.
 8. Un anell aromàtic és una estructura cíclica (anell) l'esquelet de la qual està format per àtoms de carboni que s'uneixen amb enllaços que disposen d'alguns electrons que es mouen lliurement per tot l'anell. Aquesta deslocalització d'electrons proporciona una estabilitat especial a l'anell.
 9. Un enllaç insaturat és un enllaç covalent doble o triple; és a dir, els àtoms que estableixen l'enllaç comparteixen més d'un parell d'electrons.
 10. Un fenol és un anell de benzè (anell aromàtic més simple) amb un grup hidroxil (-OH) unit a un dels àtoms de carboni. La seva fórmula química és C₆H₅OH. Aquest compost és també conegut amb els noms àcid fènic o hidroxibenzè.
 11. Un grup aril és una unitat estructural derivada d'un anell aromàtic del

qual s'ha eliminat un àtom d'hidrogen, fet que permet que es pugui unir a altres àtoms o grups funcionals.

12. El citocrom P-450 és una família d'enzims que principalment es troben en el fetge (tot i que també estan presents en altres teixits). Tenen un paper crucial en el metabolisme ja que són responsables de catalitzar reaccions d'oxidació en una àmplia varietat de substàncies, entre les quals s'hi inclouen fàrmacs, toxines, esteroides i compostos endògens. La funció principal del citocrom P-450 és metabolitzar substàncies estranyes perquè puguin ser excretades pel cos de manera més fàcil i ràpida. Aquesta família d'enzims té un paper fonamental en la desintoxicació de compostos potencialment perjudicials i en l'activació o inactivació de fàrmacs. A més, el citocrom P-450 és important en la biosíntesi de compostos com els esteroides i altres molècules biològicament actives.

13. Un agent quelant és una substància química capaç de formar complexos estables amb ions metàl·lics. Aquest procés es coneix com a quelació, i implica la formació de múltiples enllaços entre el quelant i un ió metàl·lic. Els agents quelants són molt importants en diversos camps, com ara la química, la biologia, la medicina i la indústria.

14. El grup de proteïnes NF-κB, també anomenat NF-kappa B, ajuda a controlar moltes funcions de la cèl·lula, com ara el creixement i la supervivència. Aquestes proteïnes també controlen les respostes immunitàries i

inflamatòries. El grup NF-κB pot ser hiperactiu o trobar-se en quantitats majors del que seria normal en alguns tipus de cèl·lules canceroses, fet que n'afavoreix la supervivència i multiplicació. Les concentracions altes o l'excessiva activació del grup de proteïnes NF-κB pot produir trastorns inflamatoris, com l'asma o la colitis ulcerosa, així com trastorns autoimmunes com ara l'artritis reumatoide.

15. Malgrat les expectatives que transmeten aquests resultats, molts dels estudis referents a la curcumina són *in vitro*, i calen més estudis clínics per determinar el potencial que pot arribar a tenir en els tractaments. Atesa la seva baixa biodisponibilitat, les diferències de metabolisme i fisiologia entre les persones, i la vital importància d'utilitzar tractaments màximament efectius quan ens referim al tractament del càncer, val la pena remarcar la importància de seguir sempre les indicacions dels metges i no automedicar-se ni utilitzar teràpies poc provades, sobretot si aquestes van en detriment dels tractaments estàndard, que estan recolzats per un gran nombre d'estudis curosament elaborats, que n'avalen la seguretat i efectivitat.

16. La urinàlisi, també coneguda com a anàlisi d'orina, és un conjunt de proves que es realitzen en una mostra d'orina per avaluar diversos aspectes de la salut i diagnosticar condicions mèdiques.

BIBLIOGRAFIA

Chen, A. L., Hsu, C. H., Lin, J. K., Hsu, M. M., Ho, Y. F., She, T. S., Ko, J. Y., Lin, J. T., Lin, B. R., Wu, M. S., Yu, H. S., Jee, S. H., Chen, G. S., Chen, T. M., Chen, C. A., Lai, M. K., Pu, Y. S., Pan, M. H., Wang, Y. J., ... Hsieh, C. Y. 2001. Phase I clinical trial of curcumin, a chemopreventive agent, in patients with high-risk or pre-malignant lesions. *Anticancer Research*, 21(4 B), 2895–2900.

Curcumae longae rhizoma | European Medicines Agency. (n.d.). Retrieved December 4, 2023, from <https://www.ema.europa.eu/en/medicines/herbal/curcumae-longae-rhizoma>

Gutierrez, V. O., Campos, M. L., Arcaro, C. A., Assis, R. P., Baldan-Cimatti, H. M., Peccinini, R. G., Paula-Gomes, S., Kettelhut, I. C., Baviera, A. M., & Brunetti, I. L. 2015. Curcumin Pharmacokinetic and Pharmacodynamic Evidences in Streptozotocin-Diabetic Rats Support the Antidiabetic Activity to Be via Metabolite(s). *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine: ECAM*, 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/678218>

Kim, S., Chen, J., Cheng, T., Gindulyte, A., He, J., He, S., Li, Q., Shoemaker, B. A., Thiessen, P. A., Yu, B., Zaslavsky, L., Zhang, J., & Bolton, E. 2023. PubChem 2023 update. *Nucleic Acids Research*, 51(D1), D1373–D1380. <https://doi.org/10.1093/NAR/GKAC956>

Kunwar, A., Barik, A., Mishra, B., Rathinasamy, K., Pandey, R., & Priyadarsini, K. I. 2008. Quantitative cellular uptake, localization and cytotoxicity of curcumin in normal and tumor cells. *Biochimica et Biophysica Acta - General Subjects*, 1780(4), 673–679. <https://doi.org/10.1016/j.bbagen.2007.11.016>

Marczylo, T. H., Steward, W. P., & Gescher, A. J. 2009. Rapid analysis of curcumin and curcumin metabolites in rat biomatrices using a novel ultraperformance liquid chromatography (UPLC) method. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(3), 797–803. <https://doi.org/10.1021/jf803038f>

Ramirez-Ahumada, M. del C., Timmermann, B. N., & Gang, D. R. 2006. Biosynthesis of curcuminoids and gingerols in turmeric (*Curcuma longa*) and ginger (*Zingiber officinale*): identification of curcuminoid synthase and hydroxycinnamoyl-CoA thioesterases. *Phytochemistry*, 67(18), 2017–2029. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2006.06.028>

Ravindranath, V., & Chandrasekhara, N. 1980. Absorption and tissue distribution of curcumin in rats. *Toxicology*, 16(3), 259–265. [https://doi.org/10.1016/0300-483X\(80\)90122-5](https://doi.org/10.1016/0300-483X(80)90122-5)

Shanmugam, M. K., Rane, G., Kanchi, M. M., Arfuso, F., Chinnathambi, A., Zayed, M. E., Alharbi, S. A., Tan, B. K. H., Kumar, A. P., & Sethi, G. 2015. The multifaceted role of curcumin in cancer prevention and treatment. In *Molecules* (Vol. 20, Issue 2, pp. 2728–2769). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/molecules20022728>

Shoba, G., Joy, D., Joseph, T., Majeed, M., Rajendran, R., & Srinivas, P. S. S. R. 1998. Influence of piperine on the pharmacokinetics of curcumin in animals and human volunteers. *Planta Medica*, 64(4), 353–356. <https://doi.org/10.1055/s-2006-957450>

Wishart, D. S., Feunang, Y. D., Guo, A. C., Lo, E. J., Marcu, A., Grant, J. R., Sajed, T., Johnson, D., Li, C., Sayeeda, Z., Assempour, N., Iynkkaran, I., Liu, Y., Maclejewski, A., Gale, N., Wilson, A., Chin, L., Cummings, R., Le, D., ... Wilson, M. 2018. DrugBank 5.0: a major update to the DrugBank database for 2018. *Nucleic Acids Research*, 46(D1), D1074–D1082. <https://doi.org/10.1093/NAR/GKX1037>

PÀGINES WEB

Missouri Botanical Garden:

<https://www.missouribotanicalgarden.org/PlantFinder/PlantFinderDetails.aspx?taxonid=287580>

Missouri Botanical Garden: Angiosperm Phylogeny Website: <https://www.mobot.org/mobot/research/apweb/>