

# Aminosyrer til folk og fæ – hvad er egentlig "L-cystin"?

I forbindelse med EU-forordninger om fodertilsætningsstoffer (jf. Appendiks) fik Nomenklaturudvalget en forespørgsel fra en oversætter i EU om forskellige systematiske navne for "L-cystin". Fuldsystematiske navne skulle gerne kommunikere den nøjagtige struktur af en forbindelse. Vi ser lidt nærmere på det her.

Hvis man begynder at søge på L-cystin, finder man hurtigt ud af, at der er en hel del at sige om det. Men vi må skuffe læsere, som havde håbet på et kursus i kroppens biokemi og overvejelser om supplerung af vores kost med aminosyrerne cystein og cystin, som ikke er klassificeret som essentielle. Det overlader vi til eksperterne.

I dette emneområde skal man fra starten passe på: Selv om cystein og cystin ikke er det samme, fremviser søgemaskiner næsten kun resultater med kosttilskud indeholdende L-cystein eller bare cystein, også når man søger på L-cystin.

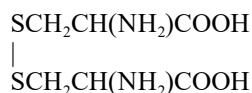
## Systematiske navne for cystein og cystin

IUPAC stoppede i den omfattende *Blue Book* fra 2013 [1] med at give de annoncerede *preferred names*, før de nåede til aminosyrer, carbohydrater m.fl. naturprodukter i det afsluttende Chapter 10. De traditionelle navne for aminosyrerne, som også afspejles i trebogstavforkortelserne (Ala, Glu, Gly, Pro osv.), står således alle som IUPAC-acceptable og er de navne, der bruges langt oftest [2].

Relevant her er strukturerne af cystein (Cys):



og cystin:



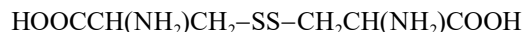
med den lidt kluntede to-gange-tre-bogstaver-forkortelse



Sidstnævnte er som vist en dimer af cystein; der kodes ikke direkte for den i bioproteinsyntesen, men den dannes let ved oxidation af 2 molekyler cystein i proteinkæder.

Det er forholdsvis enkelt at konstruere et nutidigt systematisk navn for cystein: 2-amino-3-sulfanylpropansyre.

For cystins vedkommende kan man svarende til opskrivningen



af strukturformlen give det *substitutive* navn

2-amino-3-[2-(2-amino-2-carboxyethyl)disulfan-1-yl]propansyre (\*)

Det er jo lidt kompliceret, og navnet afspejler ikke umiddelbart symmetrien i strukturen.

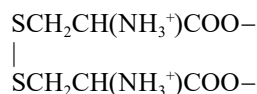
En anden fremgangsmåde er at hæfte sig ved, at der i cystin ud fra den divalente substituentgruppe disulfan-1,2-diyl, –SS–, stikker to identiske 2-aminopropansyregrupper, således at man kan give forbindelsen et *multiplikativt navn*:

3,3'-disulfan-1,2-diylbis(2-aminopropansyre) (\*\*)

Det er noget mere overskueligt. Hvis man yderligere bruger det traditionelle navn alanin for 2-aminopropansyre, kan det samlede navn simplificeres til 3,3'-disulfan-1,2-diylalanin.

Konstruktionen 3,3'- refererer til, at de to svovlatomer substitueres ind i hver sin af de to identiske aminosyremultiplikanders 3-positioner. Og bemærk: 'bis(2-aminopropansyre)', fordi de to enheder har et sammensat navn, der starter med en substituentbetegnelse, mens det er tilstrækkeligt med 'di' i konstruktionen med det simple navn alanin.

Foretrækker man at betragte zwitterionen



bliver det systematiske navn 3,3'-disulfan-1,2-diylbis(2-ammoniopropanoat) (\*\*\*).

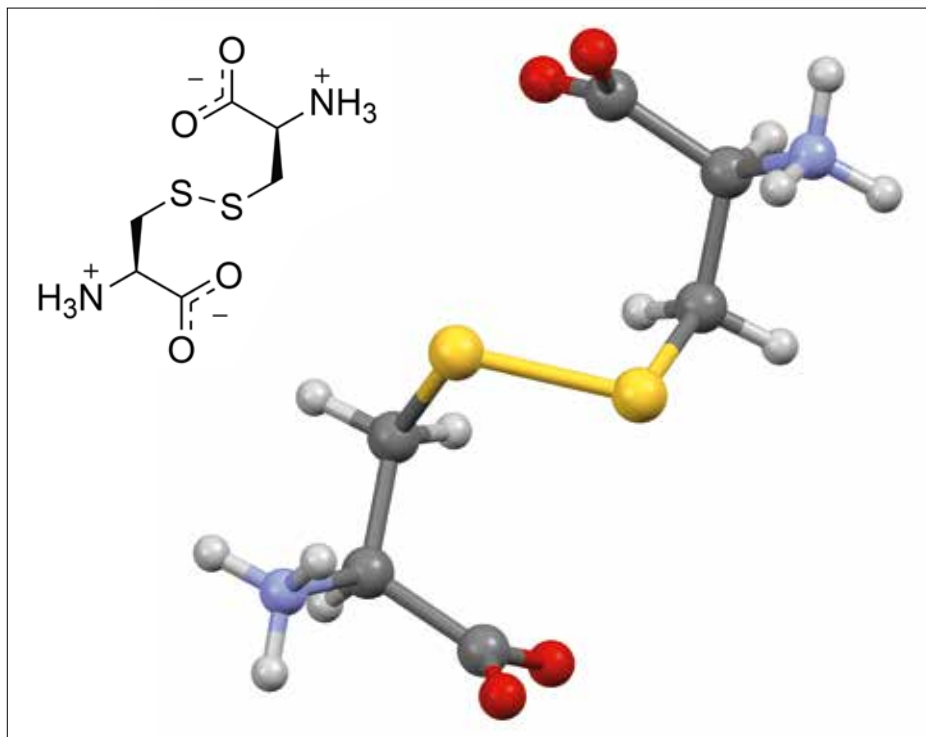
## Deskriptorerne D,L og R,S

Deskriptorerne D og L bruges til at specificere absolutkonfigurationen ved carbonatom nr. 2 i  $\alpha$ -aminosyrer som cystein. De 22 naturligt forekommende sådanne  $\alpha$ -aminosyrer, der i dag nævnes som byggesten i proteinkæder (inklusive selenocystein og pyrrolysin), har alle L-konfiguration. Når to molekyler L-cystein danner et cystinmolekyle som ovenfor vist, burde det rettelig kaldes L,L-cystin. Dette ses også i nogle kilder, mens selv IUPAC minsandten blot kalder det L-cystin [2]. Men man kan også tænke sig D,L-cystin og D,D-cystin. Ingen af disse synes at have nogen praktisk eller biokemisk betydning (læsere: kender I eksempler på det modsatte?). [NB: *racemater* skrives med deskriptoren 'DL' uden komma, altså for eksempel DL-cystein].



Foto: FreePress.com

Mon der er køer, der får L-cystin som fodertilskud? Vi ved det ikke, men det vil være tilladt if. EU-forordningen.



Deskriptorerne *R* og *S* (Cahn-Ingold-Prelog-systemet) fastsættes som beskrevet i relevante lærebøger. Se også

figur 1. Pointen i vores kontekst her er, at mens L-konfigurationen i de naturligt forekommende aminosyrer i de fleste

Figur 1. To repræsentationer af zwitterionstrukturen af L-cystin. Læseren kan overbevise sig om, at konfigurationen er *R* ved begge  $\alpha$ -carbonatomer [anskues de fire grupper bundet til  $\alpha$ -carbonatomet med hydrogenatomet bagest, væk fra beskueren, er omløbsretningen  $N \rightarrow C(\text{bundet til } S) \rightarrow C(\text{bundet til } O)$  med uret]. Billedet er lånt fra [8], hvor absolutkonfigurationen dog ikke er medtaget i det anførte IUPAC-navn, som er identisk med navnet (\*\*\*) ovenfor.

tilfælde modsvarer deskriptoren *S*, så er det på grund af de tunge chalcogenatomer i cystein, cystin og selenocystein omvendt for disse, hvor altså den naturligt forekommende konfiguration er *R*.

### Hvilke navne er IUPAC-navne?

Som så ofte anført er *IUPAC-navn* ikke en beskyttet titel. I situationer som den foreliggende foretrækker IUPAC for det systematiske navn generelt den multiplikative metode, her altså navnet (\*\*). Navnet (\*) er dog også acceptabelt.

EU-forordningen fra 2013 om cystin som fodertilsætning ([3], se Appendiks) angav det tilsyneladende systematiske navn

cysteinyl	$\text{HSCH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{CO}-$	(substituentgruppe)
cystyl	$\text{SCH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{CO}-$   $\text{SCH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{CO}-$	(divalent substituentgruppe)
halv-cystyl	$-\text{SCH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{CO}-$	(divalent substituentgruppe)
cysteinsyre	$\text{HO}_3\text{SCH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$	2-amino-3-sulfopropansyre (engelsk <i>cysteic acid</i> )
cysteyl	$\text{HO}_3\text{SCH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{CO}-$	(substituentgruppe)
cysteamin	$\text{HSCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$	(decarboxyleret cystein, 2-aminoethan-1-thiol)
cystamin	$\text{SCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$   $\text{SCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$	(dobbelt decarboxyleret cystin, 2,2'-disulfan-1,2-diyl-diethan-1-amin)

Figur 2. IUPAC-godkendte korte navne på udvalgte derivater af cystein og cystin.

(2R)-2-amino-3- [(2R)- 2-amino-3-hydroxy-3-oxopropyl disulfanyl-propansyre

som IUPAC-navn. Den går dog ikke. For det første er der ikke noget, der tyder på, at konstruktionen '3-hydroxy-3-oxopropyl' er eller har været acceptabel; det skal hedde 2-carboxyethyl. Mindre vigtige detaljer er de overtallige mellemrum, en ekstra bindestreg, manglende lokanter 1 og 2 på disulfangruppen [sml. med (\*)] samt manglende kursivering af 'R'. I den seneste forordning fra i år [4] er navnet korrigeret og er næsten fremme ved formen (\*).

Kilder som ChEBI, PubChem og CAS Common Chemistry angiver en række alternative navne for cystin og L,L-cystin, hvoraf nogle heller ikke følger IUPAC-anbefalinger eller andre rimelige principper for systematisk nomenklatur, og dertil navne, der ikke giver sig ud for at være systematiske.

Så længe navnene ikke kan misforstås, kan alle disse iagttagelser måske betegnes som pedanteri eller nørderi. Måske ved man i EU, om der nogen sinde er opstået juridiske tvister, fordi et ukorrekt navn er blevet betegnet som et IUPAC-navn i en forordning til regulering af markedet?

Sluttelig har vi i figur 2 vist en række derivater af cystein og cystin med korte navne, der anses for acceptable i IUPAC. Man skal holde tungen lige i munden!

## Appendiks

I EU er cystin godkendt som et tilsætningsstof til dyrefoder. Før et stof bliver godkendt som fodertilsætning, skal det først vurderes af Den Europæiske Fødevarerikkerhedsautoritet (EFSA). Processen og betingelserne for at få et stof vurderet fremgår af forordning EF/1831/2003 om fodertilsætningsstoffer [5]. Ansøgningen sendes til kommissionen, som herefter videresender den til EFSA, som så vurderer stoffet og kommer med en udtalelse – på EFSA's hjemmeside ([www.efsa.europa.eu](http://www.efsa.europa.eu)) kan man finde disse udtalelser.

Kommissionen forbereder herefter en forordning om godkendelse eller afvisning af stoffet, hvorefter forordningen godkendes efter procedurerne i EU. En godkendelse er gyldig i 10 år, hvorefter den skal fornyes. Et stof kan godkendes inden for en eller flere af de fire kategorier "teknologiske tilsætningsstoffer", "sensoriske tilsætningsstoffer", "tilsætningsstoffer med ernæringsmæssige egenskaber" og "zootekniske tilsætningsstoffer". Inden for hver kategori er der flere "funktionelle grupper", som ikke har noget med funktionelle grupper i kemisk forstand at gøre.

Cystin blev første gang godkendt i 2013 [3] til alle dyrearter i kategorien "tilsætningsstoffer med ernæringsmæssige egenskaber". Cystin er dog ikke bare cystin, men skulle for at være i overensstemmelse med forordningen være fremstillet ved hydrolyse af keratin

fra fjerkræfjer. I 2025 blev godkendelsen forlænget [6]. I 2020 blev cystin produceret af *Pantoea ananatis* NITE BP-02525 (en Gram-negativ bakterie) godkendt [7] – udover som tilsætningsstof med ernæringsmæssige egenskaber blev det også godkendt i kategorien "sensoriske tilsætningsstoffer" (gourmetfoder?). Som det allerseneste er cystin produceret af *Escherichia coli* DSM 34232 blevet godkendt i kategorien "sensoriske tilsætningsstoffer" [4].

*AM og TD, Nomenklaturudvalget*

## Referencer

1. *Nomenclature of Organic Chemistry – IUPAC Recommendations and Preferred Names 2013* (the "Blue Book") [H.A. Favre, W.H. Powell (red.) Royal Society of Chemistry/IUPAC 2014]. Se den bekvemme i 2022 opdaterede online-version her: <https://iupac.qmul.ac.uk/BlueBook>.
2. Ref. 1 Chapter 10 er baseret på 1983-anbefalingerne for aminosyrenomenklatur (<https://iupac.qmul.ac.uk/AminoAcid/>).
3. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DA/TXT/HTML/?uri=CELEX:32013R1006> (2013).
4. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/da/ALL/?uri=CELEX:32026R0402> (2026).
5. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/da/TXT/?uri=CELEX%3A32003R1831> (2003).
6. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/da/TXT/?uri=CELEX%3A32025R0272> (2025).
7. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/da/TXT/?uri=CELEX:32020R1379> (2020).
8. <https://en.wikipedia.org/wiki/Cystine> (besøgt 3/3-2026).