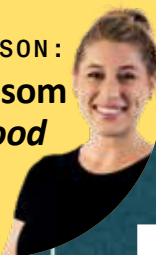


↓ SVÅRMÄTBAR SÖTMA  
Allt som smakar  
sött är inte socker

ELIN NILSSON:

"Det är vi som  
är *the good  
guys*"



↓ STORSATSNING  
Ny teknik för kemisk  
återvinning av plast

↓ VINNARLAG  
Svenskt medaljregn  
på kemiolympiad



# ALLKEMI

TIDNINGEN FÖR BLIVANDE KEMISTER

## Läkemedel som lurar kroppen

Så kan kroppens eget system  
bryta ned skadliga proteiner

ALLKEMI | #2 - 2022

Dagens forskare i kemi lägger grunden  
för en bättre framtid för oss alla.

# Är det bra eller dåligt att luras?

**MÄNNISKAN ÄLSKAR SÖTT.** Smaken av socker i frukter, bär och honung signalerar energi, något som varit en bristvara för tidigare generationer och som evolutionen därför lärt oss att uppskatta.

Det finns ett antal olika sockerarter, men också kalorifria sötningsmedel. Vad är det som våra smaksinnen uppfattar som sött? Och hur kan likartade molekyler lura kroppen att det är socker som vi får i oss när det inte är det? Det kan du läsa mer om på sidan 18.

Om det är bra eller dåligt att lura kroppen med sötningsmedel är omdiskuterat. Klart är i alla fall att det inte är det enda vi lurar kroppen med. På sidan 14 kan du läsa om forskarna som undersöker om cannabis kan användas för smärtlindring. Även här går åsikterna isär. Då är det bra med vetenskapliga fakta.

**DET FINNS OCKSÅ** andra sätt att lura kroppen där vetenskapen är mer samstämmigt positiv. Under en tid har biologiska läkemedel, stora molekyler som framställts med hjälp av till exempel bakterier eller jäst, dominerat läkemedelsutvecklingen. Nu ökar intresset för kemiskt designade läkemedel. Små molekyler som kan få kroppens egna system att bryta ned sjukdomsframkallande proteiner. Förhoppningen är bland annat effektivare cancerbehandling. Det kan du läsa mer om på sidan 8.

Men all kemi går förstås inte ut på att lura kroppen. Det finns många andra områden där kemiutbildade kan göra viktiga insatser, som att minska klimatpåverkan och byta ut fossila råvaror. Och oavsett vilket område inom kemin du är intresserad av ger Allkemi inblickar i vilka samhällsutmaningar forskare och industri just nu arbetar med att lösa. Helt utan att luras.

Trevlig läsning!

*Ulla Nyman*

Ulla Nyman

IKEM – Innovations-  
och kemiindustrierna



ALLKEMI #2—2022

Allkemi ges ut av IKEM  
– Innovations- och kemiindustrierna  
och bygger huvudsakligen på artiklar  
från Kemisk Tidskrift.

Upplaga: 20 000

**VILL DU PRENUMERERA?**  
Som elev eller lärare kan du  
beställa en gratisprenumeration på:  
[www.allkemi.nu](http://www.allkemi.nu)

**FRÅGOR OM DIN PRENUMERATION?**  
Industrilitteratur, 0150–133 30  
[susanne@lamanica.se](mailto:susanne@lamanica.se)

**PRODUKTION**  
Vetenskapsmedia i Sverige AB  
Redaktör: Anders Svensson  
[anders.svensson@vetenskapsmedia.se](mailto:anders.svensson@vetenskapsmedia.se)  
Grafisk form: Anders Svensson  
Korrektur: Cecilia Christner Riad

**SKRIBENTER**  
Marie Alpman, Per I Arvidsson,  
Siv Engelmark, Ulla Nyman, Martin Ragnar,  
Kurt Samuelsson, Anders Svensson,  
Per Westergård.

**POSTADRESS**  
IKEM – Innovations- och  
kemiindustrierna  
Box 55915, 102 16 Stockholm

**TRYCK**  
Pipeline Nordic, 2022

**OMSLAG**  
Johan Nord

## »Kemister kallas de,

som förstå att utreda whad hwarje sak består utaf, och huru man af beståndsdelarne må kunna sammansätta nya ämnen. Kunskapen härom kallas Kemi. Den störste kemisten war vår landsman Jacob Berzelius, som föddes 1779 i Wäfwersunda i Östergötland och dog i Stockholm 1848.«

*Ur N.J. Berlin, »Läsebok i Naturläran för Sweriges allmoge«, 1852.*



## I detta nummer av Allkemi:

### 4.

#### I korthet

→ Svenskt företag storsatsar på natriumjonbatterier

### 5.

#### Intervjun

→ Elin Nilsson om arbetet med framtidens kemi



Elin Nilsson är fabrikschef på Perstorps anläggning i Dordrecht.



Skräddarsydd nedbrytning av proteiner är ett nytt och hett område.

### 8.

#### Läkemedel som lurar kroppen

→ Kroppens eget system bryter ned sjukdomar

### 10.

#### Kemisk återvinning av plast är på gång

→ Ny metod ska ta hand om plast som i dag bränns upp

### 12.

#### Snabb robot hittar lovande material

→ Forskare söker bättre sätt att fånga in solljus

### 13.

#### Frigolit ska ersättas av fossilfritt alternativ

→ Nytt material kan tillverkas i dagens maskiner

### 14.

#### Få studier men stora förhoppningar

→ Hälsoeffekterna av cannabis är inte helt utforskade

### 16.

#### Restvatten ska ge vätgas och biogas

→ Restprodukter från industrin ska nyttjas maximalt

### 17.

#### Svenska medaljer på kemiolympiad

→ Guld, silver och brons till deltagare från Sverige

### 18.

#### Sötma är mer än bara socker

→ Långt ifrån allt som smakar sött är ett socker

Nya perovskit-mineral är bättre än kisel på att absorbera solljus.

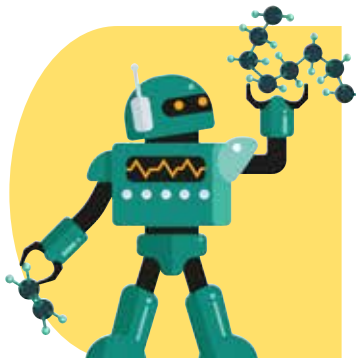


Målet är att bygget av den nya fabriken ska påbörjas 2024 och att tillverkningen av hållbart flygbränsle ska komma igång 2026.

#### ↓ HÅLLBAR RÅVARA

## Ny metod för flygbränsle

Energiolaget Uniper vill bygga en fabrik i Långsele i Sollefteå kommun för att producera hållbart flygbränsle – enligt företaget den första i sitt slag i världen. Bränslet ska tillverkas av biomassa och vätgas, där syntesgas omvandlas till längre kolväten. Målet är att det första bränslet ska levereras 2026.



#### ↓ UPPDATERING

## Fokus på plast för framtiden

Det talas mycket om plast just nu. Och i vardagen möter vi plaster på en mängd olika sätt. I den uppdaterade versionen av Plastkunskap för grundskolan finns utförlig information om bland annat bioråvaror, nya återvinningsmetoder och möjligheten att använda gammal plast som råvara för ny. Du kan ladda ned Plastkunskap för grundskolan kostnadsfritt på [www.ikem.se/ikem-skola](http://www.ikem.se/ikem-skola)

88

procent av lärarna i kemi på gymnasiet var behöriga under läsåret 2021-22. På högstadiet var motsvarande siffra 63 procent. Det visar en rapport från Skolverket.

#### ↓ KATODMATERIAL

## Storsatsar på batteriteknik

Billigare och mer miljövänligt. Natrium har flera fördelar jämfört med litium. I batterier har ändå natrium hittills stått i skuggan av storstjärnan litium. Men i takt med att litiumpriset skjuter i höjden riktas allt mer uppmärksamhet mot grannen i raden av alkalimetaller i periodiska systemet.

– För fem år sedan var vi ett antal eldsjälar. Nu tittar alla stora tillverkare på natriumjonbatterier, säger Tim Nordh, teknisk chef på Altris.

Företaget har utvecklat ett katodmaterial för natriumjonbatterier som kallas Fen-

nac. Namnet kommer av de kemiska beteckningarna på de ingående materialen: järn, kväve, natrium och kol.

Att tillverka ett natriumjonbatteri går i princip till på samma sätt som ett baserat på litium. Det aktiva katodmaterialet läggs på en ledande film av aluminium, anoden på en annan ledande film. Anod och katod varvas och packas med separerande membran emellan i en cell som fylls med elektrolyt.

Fördelen med natrium är framför allt billigare råmaterial. Men batterierna är också säkrare eftersom de inte riskerar att fatta eld på samma sätt som batterier med litium. Dessutom presterar de bättre vid lägre temperaturer.

Nackdelen är en lägre energidensitet. Medan de bästa litiumjonbatterierna närmar sig 300 wattimmar per kilo ligger natriumjonbatterier kring 150 wattimmar per kilo.

Ett viktigt mål för Altris är att göra kemin så miljövänlig som möjligt. Bland annat används ett vattenbaserat lösningsmedel i katoden och företaget utvecklar även egen, fluorfri elektrolyt. ◦



Altris har utvecklat ett katodmaterial för natriumjonbatterier.



# ”Det är vi som är *the good guys*”

**ELIN NILSSON** är chef för Perstorps kemifabrik i Dordrecht sydost om Rotterdam i Nederländerna. Hur hamnade du där?

– Jag är en så kallad expat – utskickad från Perstorp i Sverige – där jag är anställd som processingenjör sedan 2017. Redan från början upplevde jag att jag fick mycket ansvar, något jag trivdes med och ville ha mer av. Chefen tipsade om en tjänst i Nederländerna och på den vägen är det. Jag ville flytta utomlands. Jag gillar känslan att hoppa ut i det okända.

– Det blev en riktig utmaning. Min första arbetsdag var den 16 mars 2020 vilket var samma dag som man stängde ner i Nederländerna. Jag var ny på jobbet, skulle jobba hemifrån och ingen visste vem jag var. Det var väldigt intressant och många beslut att fatta men alla de sakerna löste sig. Nu är jag inne på mitt tredje år och har kommit in i jobbet.

**Du är civilingenjör i bioteknik från Lunds tekniska högskola. Varför valde du den utbildningen?**

– Jag hade haft två sabbatsår efter gymnasiet och varit au pair i USA i ett år. Jag var duktig på matte och fysik, ville ha en bred utbildning och tyckte att en ingenjörsutbildning verkade bra. Valet var att plugga bioteknik med inriktning process. Jag trodde jag skulle bli genforskare men insåg att

jag ville jobba i större skala och tillverkar nu kemikalier i stället.

**Var är ditt nästa jobb?**

– Förhoppningsvis en bra tjänst inom Perstorp. Jag känner mig bekväm i en roll som innebär mycket ansvar och vill gärna fortsätta med det. Det finns så mycket man kan göra inom hållbarhet, den goda sidan av kemin, och det skulle jag vilja jobba med. Den här uppfattningen att kemiföretagen är ”the bad guys” – den stämmer inte. Det är vi som är ”the good guys”. ◦

Elin Nilsson är fabrikschef för Perstorps anläggning i Dordrecht utanför Rotterdam.

## ↓ INFÅNGAD RESURS

## Koldioxid blir fartygsbränsle

Företaget Liquid Wind producerar metanol av infångad koldioxid och vätgas framställd genom elektrolys, där energin kommer från en förnybar källa. Planen är att sälja det hållbara bränslet till fartygsmarknaden. Nu planerar Liquid Wind en ny fabrik vid kraftvärmeverket i Sundsvall. All koldioxid som släpps ut ska samlas in.

## ↓ PFAS

## Nedbrytning på mildare vis

PFAS är en grupp kemikalier som sedan 1950-talet använts i bland annat impregneringsmedel, stekpannor, skidvallor, målarfärg och brandskum. De kan inte brytas ner på naturlig väg. Förbränning bryter ner dem, men den processen kräver mycket energi. Nu rapporterar amerikanska och kinesiska forskare att de har lyckats bryta ned tio PFAS-ämnen med en mildare metod. ◦



Ett löv av den nya plasten utskrivet med 3D-skrivare.



## ↓ RÅVARA FRÅN TRÄD

## Bioplast av hemicellulosa

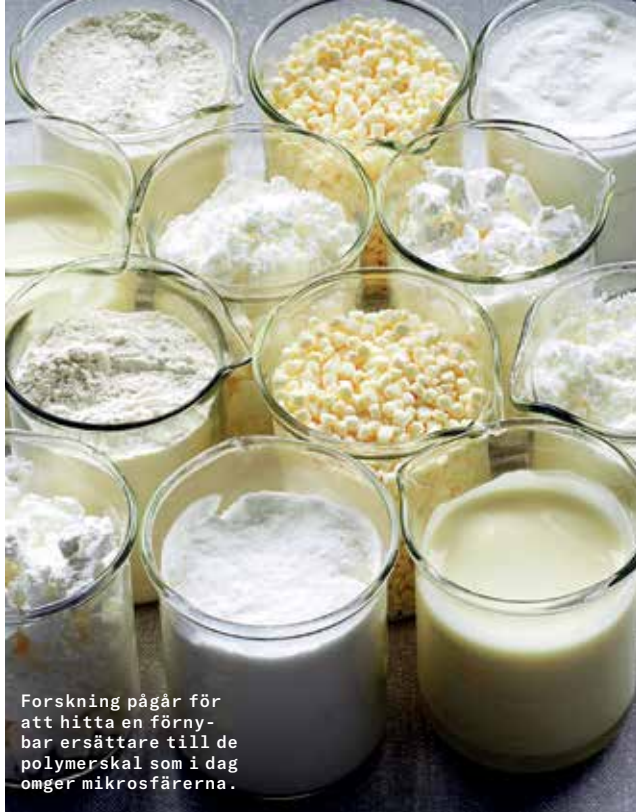
Forskare i Schweiz har utvecklat en ny plast av hemicellulosa från träd. De ser en rad möjliga tillämpningar för plasten som de beskriver som seg, värmebeständig och tät, och har redan gjort bland annat förpackningsfilmer och filament för 3D-utskrift.

Forskarna har tidigare visat att en tillsats av formalin kan stabilisera trädets lignin och förhindra att det bryts ned. Nu har de använt samma metod för att modifiera trädets hemicellulosa. Resultatet är en byggsten, en monomer, som kan användas för att producera plast.

Råvaran till plasten finns i stora volymer. Att den kan skrivas ut med 3D möjliggör skalbar produktion vilket kan vara viktigt ur hållbarhets-synpunkt. ◦

200

universitet och myndigheter från 28 länder deltar i ett europeiskt projekt som ska ta fram nya verktyg för riskbedömning av kemikalier. Budgeten för projektet är 4 miljarder kronor.



Forskning pågår för att hitta en förnybar ersättare till de polymerskal som i dag omger mikrosfärerna.

## ↓ EXPANDERBARA MIKROSFÄRER

## Elektrifiering ökar behov av mikrokulor

I en fabrik strax utanför Sundsvall tillverkar Nouryon små mikrokulor som består av ett polymerskal som innehåller en gas. När kulorna värms upp mjuknar skalet och gasen expanderar. Den egenskapen gör att de används som lättviktsfyllnadsmedel i exempelvis bilar. Genom att bygga in mikrokulorna minskar bilarnas vikt och bränsleåtgång.

Nu är efterfrågan så stor att företaget har beslutat att bygga ytterligare en fabrik för att tillverka dem – i Green Bay, Wisconsin, USA.

I dag används mikrokulorna exempelvis i underredet under bilens kaross, i tätningsslister och instrumentpanel.

– Lättare bilar ger mindre koldioxidutsläpp och skiftet från bränsle drivna till eldrivna bilar har ökat behovet av lättviktslösningar som kan utöka räckvidden på elbilar. Lättviktslösningar har länge varit viktiga men trenden är ännu starkare nu, säger Sylvia Winkel Pettersson på Nouryon.

Mikrokulorna har utvecklats mot allt lägre densitet för att motstå mekanisk påfrestning och högt tryck bättre, vilket gör beredningsprocessen enklare för de underleverantörer som tillverkar bildelarna.

Polymerskalet som omger kulorna görs av fossil råvara. Nouryon driver ett projekt med målet att ersätta den med en förnybar råvara. ◦



## ↓ ODLAR EGET FÖRSVAR

# Kemifabriker på havsbotten

Svampdjur är enkla små havsdjur som har visat sig kunna producera en rad kemikalier. De lever fastsittande på havsbotten och forskarna tror att just det är en förklaring till att de bildar kemikalier. Ämnena är ett skydd för djuren som inte kan försvara sig på annat sätt.

Hittills har man antagit att de flesta av dessa ämnen bildas av bakterier som lever i symbios med havsdjuren, men nu har forskare vid Scripps institute i Kalifornien visat att svampdjuret *Axinella* själv producerar en rad ovanliga kvävehaltiga terpen.

– De hävdar att de har kunnat slå fast att generna som är involverade i syntesen av terpenerna kommer från svampdjuren. Hittills finns det få biologiskt aktiva naturprodukter som vi vet kommer från själva

svampdjuren och inte från deras mikrober, så detta är ett väldigt spännande fynd, säger forskaren Karin Steffen.

Hon disputerade tidigare i år vid Uppsala universitet med en avhandling där hon bland annat har kartlagt genomet hos ett annat svampdjur, *Geodia barretti*.

Fynden kan ha betydelse för forskare som i naturen letar efter ämnen som kan ha effekter som gör att de kan användas som läkemedel. Det första antivirala läkemedlet som godkändes i USA kom från ett svampdjur. I dagsläget finns på marknaden också tre läkemedel mot cancer med ursprung i svampdjur.

– Svampdjuren är den bästa källan till nya naturprodukter, säger Karin Steffen. ◦

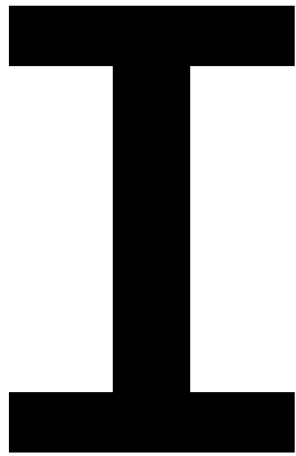
# Kroppens eget system bryter ned sjukdomar







# Skräddarsydd nedbrytning av skadliga proteiner är ett hett område inom läkemedelsutvecklingen. Den nya metoden bygger på kroppens eget system för att bryta ned proteiner.



**TAKT MED DE** biologiska läkemedlens framgångar har läkemedelskemisternas roll gradvis decimerats de senaste decennierna. Men en rad nya tekniska och terapeutiska metoder gör att pendeln nu svänger. Kemisk design är åter i centrum för den globala läkemedelsindustrin.

Ett av de hetaste områdena är inducerad proteinnedbrytning (targeted protein degradation). Det går ut på att bryta ned sjukdomsframkallande proteiner – i stället för att hindra dem att verka.

Metoden utnyttjar kroppens eget system för nedbrytning av proteiner. Systemet ansvarar för att nivån av proteiner i cellerna är exakt rätt, genom att noga balansera syntes och nedbrytning av proteiner. Proteiner som ska brytas ned märks då med en kedja av små ubiquitinproteiner. Det fungerar som en signal som skickar de märkta proteinerna till proteasomen – cellens avfallsanläggning. Där bryts

de ned till aminosyror som återanvänds.

Vid inducerad proteinnedbrytning använder man kemiska småmolekyler för att lura nedbrytningssystemet i cellerna att bryta ned oönskade proteiner. Läkemedelskemisterna designar molekyler med två aktiva ändar, en så kallad protac, som sätter igång nedbrytningen. Den ena änden av molekylen binder till det protein man vill bryta ned – och den andra till ett proteinkomplex med bland annat ubiquitin – och proteinet som orsakar sjukdom skickas till nedbrytning.

Ännu finns inga läkemedel som är byggda på detta sätt på marknaden, men alla stora läkemedelsbolag jobbar med tekniken. Längst fram ligger mindre bolag, som Arvinas, grundat av den amerikanska forskaren Craig Crews. Bolaget utvecklar läkemedel mot bröst- och prostatacancer som bygger på tekniken. Båda testas nu på människa i så kallad klinisk fas II.

**DET FINNS MÅNGA** skäl till det stora intresset. Traditionella småmolekylära läkemedel fungerar genom att de binder sitt målprotein och påverkar cellernas signalering – eller genom att de hämmar ett enzymatiskt målprotein och hindrar det från att verka. Inducerad proteinnedbrytning representerar en helt ny princip. Den största skillnaden ligger i att de aktiva småmolekylerna

– som sammanför det proteinkomplex som sätter igång nedbrytning med det protein som ska brytas ned – fungerar katalytiskt, medan traditionella läkemedel binder sitt målprotein stökiometriskt. Vid inducerad proteinnedbrytning kan dessutom en rad cellulära processer, som de-ubiquitinerings och snabb nysyntes av proteinet, påverka hur effektiv den önskade proteinnedbrytningen blir.

**DET FINNS EN** förhoppning om att inducerad proteinnedbrytning kommer att göra det möjligt att utveckla läkemedel mot sjukdomsalstrande proteiner som inte går att påverka i dag. Dagens läkemedel baserade på småmolekyler och proteiner (antikroppar) kan bara påverka en del, omkring 20 procent, av alla proteiner. Det kan till exempel bero på att det saknas ett aktivt säte hos

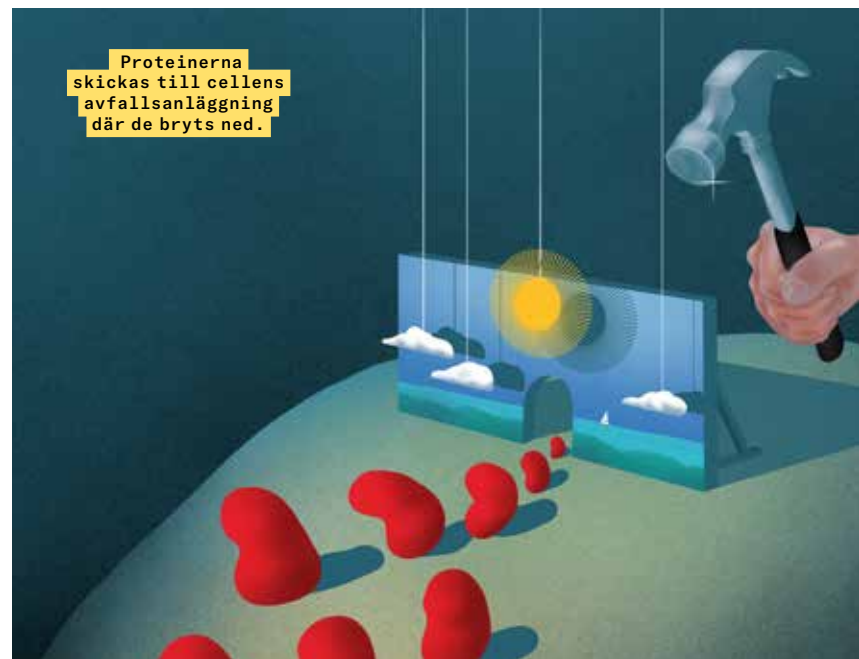
strukturella proteiner eller transkriptionsfaktorer som läkemedel kan binda till.

En rationell utveckling av proteinnedbrytande läkemedel är minst lika svårt som den mödosamma och kostsamma utvecklingen som karakteriserar annan läkemedelsutveckling.

## UTVECKLINGEN AV PROTACS

gynnas även av nya tekniska genombrott, som exempelvis allt snabbare metoder att hitta lovande molekyler som kan utvecklas till läkemedel ("hits"). Traditionella metoder är begränsade till cirka en miljon substanser. Nyare tekniker söker hits bland tusen gånger fler molekyler.

Även om det ännu inte finns några godkända läkemedel som baseras på rationell protacdesign, så är den farmakologiska principen för proteindegradering redan kliniskt beprövad även om vi inte visste om det. Läkemedel som används har visat sig fungera på liknande sätt. Det står därför redan klart att forskning om inducerad proteinnedbrytning kommer att erbjuda både oväntade möjligheter och utmaningar som kräver kunskaper inom kemisk design och syntes för att nå sin fulla potential. ◊



# De vill återvinna plast kemiskt

**Borealis planerar Sveriges första anläggning för kemisk återvinning av plast. Den ska ta hand om plast som i dag bränns upp.**

**PLAST ÄR BESVÄRLIGT** att återvinna. I avfallet trängs flera sorters plaster med olika färger och tillsatser. Av all plast som sätts på marknaden är det bara cirka 10 procent som återvinns till ny plast, visar siffror från Naturvårdsverket.

Ett problem med dagens mekaniska återvinning där plasten sorteras, tvättas, strimlas och smälts om, är att kvaliteten försämras på kuppen. Återvunnen plast är därför inte tillåten i exempelvis sjukvårdsprodukter.

Ett alternativ till mekanisk återvinning är kemisk återvinning. Plasten bryts då ner till sina ursprungliga molekyler som kan byggas upp igen.

– Den återvunna plasten får då samma egenskaper som ny plast, säger Alma Pira-Edman, som arbetar med kemisk återvinning på plasttillverkaren Borealis i Stenungsund.

Företaget planerar Sveriges första anläggning för kemisk plaståtervinning. Den ska byggas vid företagets befintliga fabrik och om allt går i lås stå klar 2025.

**DET FINNS FLERA** olika typer av kemisk återvinning, som bryter ner plasten i olika grad. De vanligaste metoderna är solvolys, pyrolys och förgasning. Pyrolys är mest mogen och används redan på flera håll i världen.

Pyrolys är också den teknik som Borealis kommer att använda. Det innebär att plastavfallet hettas upp i en syrefri miljö till över 400 grader. De långa polymerkedjorna bryts då ner till mindre beståndsdelar och bildar en olja, så kallad pyrolysolja. Den kan sedan användas som råvara vid plasttillverkningen.

I dag använder Borealis fossil nafta

(råolja), etan, propan och butan vid produktionen. Råvarorna kommer med båt till Stenungsund. I en kracker sönderdelas molekyler till eten och propen som sedan polymeriseras till plasterna polyeten och polypropen.

Pyrolysoljan kommer att kunna ersätta en del av naften i krackern. I ett första steg planerar Borealis att framställa 50 000 ton pyrolysolja om året. Det motsvarar cirka 3 procent av den totala mängd råvaror som företaget använder till krackern i Stenungsund. Ambitionen är att senare öka mängden till 100 000 ton pyrolysolja.

**FÖRDELEN MED KEMISK** återvinning är att den kan ta hand om plast som är för oren för att återvinnas mekaniskt och som i dag går till förbränning. Men det går inte att slänga in vad som helst i pyrolysgugnen. Precis som vid mekanisk återvinning måste plastavfallet sorteras, tvättas och strimlas. För att processen ska fungera bra ska det också helst domineras av polyeten, polypropen och polystyren.

– Vi vill ha så mycket kolvätebindningar som möjligt, för det är det som bygger plasten. Allt annat är föroreningar som vi måste ta hand om, säger Alma Pira-Edman.

”Den återvunna plasten får då samma egenskaper som ny plast.”

Borealis ska återvinna plast från både industrin och hushållen. Insamling och sortering kommer att skötas av samarbetspartner.

I projektet deltar återvinningsföretaget Stena Recycling och energiföretaget Fortum, liksom Svensk plaståtervinning, som ansvarar för återvinning av konsumentförpackningar. Till en början kommer Borealis även att importera pyrolysolja från andra återvinningsföretag.

Allt avfall kan dock inte förvandlas till ny plast. Totalt försvinner cirka 30–40 procent på vägen. En del i form av lätta gaser som kan användas för att värma pyrolysgugnen.

I processen bildas också en tung fraktion av koks där föroreningar i plasten samlas. Men en del föroreningar finns också kvar i pyrolysoljan. Den måste därför tvättas innan den kan bli ny plast. Det sker genom en katalytisk reningsprocess som kommer att tillhandahållas av det franska företaget Axes.

– Reningen och kvalitetskontrollen blir kritiska faktorer att utreda inför uppstarten, säger Alma Pira-Edman.

**NATURVÅRDSVERKET** gjorde förra året en utredning av kemisk plaståtervinning. Där konstaterar man att tekniken har fördelar men inte är någon ”universal-lösning”. Enligt Åsa Stenmarck, som ansvarar för nationell platsamordning på myndigheten, är den största nackdelen det stora energibehovet.

– Mekanisk återvinning bör därför användas i första hand och kemisk återvinning som ett komplement, säger hon. ◦





Anläggningen för plaståtervinning ska byggas vid fabriken i Stenungsund.



Alma Pira-Edman berättar att Borealis nu håller på med en förstudie inför den planerade byggstarten.

## Plast kan brytas ned på olika sätt

### SOLVOLYS

Termokemisk process som bryter ner organiska polymerer till en olja vid 200–400 grader och ett tryck på 150–250 bar. Som lösningsmedel används vatten. Kallas även hydrotermisk förvätskning, HTL (hydrothermal liquefaction). En stor pilotanläggning finns i Australien.

### PYROLYS

Organiska molekyler hettas upp och förångas i en syrefri eller syrefattig miljö vid 400 grader och uppåt. Molekylerna bryts då ner i mindre beståndsdelar och kondenseras till så kallad pyrolysolja. Även gas och koks bildas i processen, som även kallas termisk förvätskning. Flera anläggningar finns i drift.

### FÖRGASNING

Sker vid högre temperatur än pyrolys med en begränsad mängd syre. Vid förgasningen bildas syntesgas som består av kolmonoxid och vätgas. Syntesgasen kan användas för att tillverka nya kemikalier.

KÄLLA: NATURVÅRDSVERKET'S RAPPORT KEMISK ÅTERVINNING AV PLAST





# Roboten hittar snabbt nya lovande material

## Forskare jagar bättre sätt att fånga in solljus

**SOLCELLER HAR STORA** möjligheter att bli ett alternativ när samhället ställer om för ökad hållbarhet. Ett av de mest lovande materialen för att fånga in ljuset är så kallade perovskiter. Men de är instabila och faller lätt sönder och innehåller dessutom giftigt bly. Därför krävs mer forskning.

Allan Starkholm har i sin doktorsavhandling undersökt om det går att använda robotiserad screening för att hitta nya perovskitmaterial.

Han har studerat olika materialkombinationer, med fokus på färgämnen som kan absorbera solljus och olika metallhalogenider. Färgämnen har ett litet så kallat bandgap, en egenskap som är viktig för hur stor mängd av solljuset som de kan absorbera. Metoden skulle kunna användas inom många områden.

– Den kan användas brett inom energifältet, för batteriforskning, nya elektrolyt- eller ledmaterial. Bara fantasin begränsar, säger Allan Starkholm.

Roboten är designad för att identifiera nya kristallina material. När man har bestämt vilka kombinationer av färgämnen och metallhalogenider man vill undersöka, matar man in de parametrar man vill testa. Sedan för man in en hållare med tomma provrör försedda med streckkoder. Roboten läser av dessa för att identifiera olika experiment den ska göra. Den blandar sedan olika lösningar och analyserar om nya material har bildats eller inte. Roboten mäter hur bra materialen är på att omvandla absorberat ljus till elektrisk energi.

– Preliminära resultat visar att det finns flera intressanta materialkandidater som är värda att undersöka vidare. ◦




Perovskitmineral (CaTiO<sub>3</sub>) har egenskaper som gör dem intressanta för solcellsforskare.



Perovskitmineral absorberar solljus bättre än kisel. Dessutom är de billigare att tillverka än solceller av kisel.





Färsk fisk  
förpackas i dag  
ofta i lådor  
av frigolit.

# Revolution med fossilfritt alternativ till frigolit

## Nytt material ska tillverkas i dagens maskiner

**FRIGOLIT BESTÅR AV** expanderad polystyren, EPS. Materialet är gjort av råolja och flera tillverkare letar därför efter alternativa råvaror.

Ett konsortium bestående av företagen Nouryon, More Research och Lindepac utvecklar nu en variant baserad på cellulosa.

Projektet är inte helt unikt, det finns alternativ som är biobaserade. Det speciella med detta material är att det ska gå att formgjuta och tillverka i samma maskiner som används i dag.

– Det skulle vara en revolution på området. Det skulle innebära att tillverkarna inte behöver göra stora investeringar i sina befintliga fabriker, säger Jonas Norell som är vd i förpackningstillverkaren Lindepac i Lindesberg och projektledare.

När frigolitförpackningar tillverkas skickas små kulor av polystyren in i en

formgjutningsmaskin. Där hettas de upp med ånga så att de sväller och fyller formen.

**PLANEN FÖR DETTA PROJEKT** är att i stället använda cellulosabaserade kulor och blanda dem med expanderbara mikrokulor. De senare tillverkas i dag av Nouryon och används i bland annat vinkorkar.

– Problemet är att ta fram biobaserat miljövänligt material som funkar på samma sätt som polystyren. Processen

”På sikt ska det nya frigolitmaterialet bli helt biobaserat och nedbrytbart.”

i dag är optimerad för expanderad polystyren, som är en termoplast som är lätt att jobba med. Utmaningen är att göra ett biobaserat material som fungerar på samma sätt, säger Jan Nordin vid Nouryon.

**FÖRPACKNINGSMATERIALET** har testats på labb. Nu pågår pilottester som ska visa om det går att tillverka i större skala. Gruppen har gjort några försök i en formgjutningsmaskin och ämnet ser ut att hålla ihop.

Än har man dock inte ett helt fossilfritt material. De expanderbara mikrokulorna av plast – som utgör mindre än fem procent av innehållet – tillverkas fortfarande av fossil råvara. Nouryon håller dock på att utveckla en biobaserad variant som ska fungera på samma sätt.

– På sikt ska det nya frigolitmaterialet bli helt biobaserat och nedbrytbart, säger Jan Nordin. ◦



**PLANTOR MED  
OLIKA INNEHÅLL**

Cannabisväxten innehåller omkring 400 olika cannabinoider varav cannabidiol, CBD, är en av de mest kända. Växter som tas fram för medicinsk användning kan innehålla upp till 40 procent av substansen CBD.

# Medicinskt mirakel – eller bara *big business*?



Det finns stora förhoppningar på att cannabis ska ge oss bättre smärtlindrande mediciner. Men det finns inga bevis för att drogen har de egenskaper som krävs. Samtidigt har cannabis blivit en affärsverksamhet av gigantiska mått.

**P**lötsligt pratar många om att det bör vara legalt att röka cannabis. Kanada och delar av USA har redan tagit steget samtidigt som Europa har påbörjat en vandring i samma riktning, om än i ojämn takt. Samma sak gäller cannabis för medicinskt bruk. I många länder finns mängder av hälsopreparat innehållande delar från växten att köpa i butik medan de godkända läkemedlen fortfarande är sällsynta.

Och det kan finnas skäl att vara restriktiv när det gäller att använda cannabis inom vården. I USA har andra narkotiska preparat förskrivits i stor mängd, ofta utan större kontroll. Det har blivit ett folkhälsoproblem av gigantiska mått. Enbart under 2020 dog 70 000 personer i landet till följd av en överdos av lagliga opiater. Trots detta finns nu ett intresse för att undersöka hur cannabis skulle kunna användas för smärtlindring.

**CANNABIS INNEHÅLLER ETT** flertal psykoaktiva substanser, av vilka de två mest kända är tetra-hydrocannabinol, THC, och cannabidiol, CBD. Det är THC som ger ett rus och samtidigt svarar för drogens oönskade effekter, till skillnad från CBD, som ofta verkar åt motsatt håll. Båda kan användas i medicinska sammanhang, antingen var för sig eller tillsammans. Oavsett hur tillskrivs de av vissa nära nog obegränsade medicinska förmågor. Googlar man på nätet är det lätt att få en känsla av att här finns en enkel och tillgänglig lösning på alla våra hälsoproblem. Bättre sömn, mindre smärta och en förmåga att motverka begynnande schizofreni är bara några.

– Tyvärr finns det i dagsläget inga starka vetenskapliga bevis på att cannabis i sig har de potentiella egenskaper som ställs på ett läkemedel, säger Fred Nyberg, professor emeritus i biologisk beroendeforskning och verksam vid Uppsala universitets forum för forskning om läkemedels- och drogberoende.

Det betyder inte att han är emot en

medicinsk användning av cannabis. Eller som han menar att vi ska uttrycka oss: användningen av substanserna THC och CBD.

– För att vi ska kunna förstå och utnyttja den potential som kan finnas i cannabis måste vi förstå skillnaderna mellan dem. Dessutom måste vi få bättre koll på de omkring 400 andra cannabinoider som finns i cannabis. I dag vet vi inte mycket mer än att ett 80-tal av dem är psykoaktiva, vilket betyder att de påverkar vår hjärna.

För att cannabis ska kunna bli en större del av vårdens verktygslåda krävs, säger Fred Nyberg, att de nya preparaten genomgår traditionella läkemedelsprövningar. Ett antal studier pågår för att se om de kan lindra smärta, men ännu finns inga godkända läkemedel för den indikationen.

– Det handlar inte bara om huruvida cannabis ska kunna ge bevisade effekter, lika viktigt är att visa att den aktiva substansen absorberas som den ska i kroppen, att den slår på rätt receptor, samtidigt som de toxiska effekter som finns måste reduceras till ett minimum.

Dessutom har cannabis väl dokumenterade negativa effekter på minnet, på den mentala hälsan samt på motorik och koordination som måste minimeras.

**I DAG ÄR TVÅ** cannabispreparat godkända för läkemedelsanvändning i EU. Det är Sativex, en munsprej som innehåller både THC och CBD och som används för att minska spasticitet vid MS, och Epidyolex som enbart innehåller CBD och som ges till barn med epilepsi. Preparaten får bara förskrivas av läkare med särskild behörighet, och

**”De toxiska effekter som finns måste reduceras till ett minimum.”**

bara i de fall där mer etablerade preparat inte ger önskad effekt. Båda substanserna framställs ur växten.

Sedan 2017 är det efter en individuell prövning och beviljad licens även möjligt att skriva ut Bediol, ett smärtlindrande preparat baserat på marijuana, som är godkänt i Nederländerna. En av de stora förhoppningarna med cannabis är just att det ska ge bättre smärtlindrande mediciner. Men en del av de smärdämpande egenskaperna hos cannabis är kopplade till det rus som THC ger, vilket innebär att om man minskar THC-halten i läkemedlet är risken stor att den smärtlindrande effekten blir sämre.

**CANNABIS SMÄRTSTILLANDE** egenskaper har dock börjat ifrågasättas. Ett forskarteam bestående av smärt-specialister har på uppdrag av den internationella sammanslutningen International association for the study of pain utvärderat den forskning som finns om cannabis och smärta. Resultatet: ingen bevisbar effekt.

– Trots det vill jag inte utesluta möjligheten att vi ska kunna få fram användbara cannabis-relaterade läkemedel med minimala negativa effekter. Men för att komma dit måste vi forska mer, framför allt för att renodla och modifiera substanserna THC och CBD och sedan förfina de användbara egenskaperna, säger Fred Nyberg.

Cannabis är i dag en av de största tillväxtbranscherna i världen. 2018 uppgick värdet av den lagliga försäljningen till 96 miljarder kronor och enligt analysföretaget Cowens bedömningar kommer marknaden att vara uppemot tio gånger större i slutet av detta decennium. Det har fått många investerare att hoppa på cannabisståget.

– Att cannabis har blivit ”big business” oroar mig. Inte minst eftersom det ser ut att vara de traditionella tobaksbolagen som står bakom många av företagen i branschen. Det tog oss mer än 40 år att lära oss läxan om tobak, och nu är frågan om det kommer att ta lika lång tid att överblicka cannabisens alla effekter, säger Fred Nyberg. ◊

Biogas kan utvinnas ur sockerbrukens restvatten. Rise undersöker nu om det också går att få ut vätgas.

# Restvatten ska ge vätgas och biogas

## Målet är att maximera nyttan av restprodukter från industrin

**I ETT PROJEKT** som leds av Rise undersöker forskare om det ur restvatten från livsmedelsindustrin går att producera såväl vätgas som biogas. Målet med arbetet är både att testa konceptet och att se hur och var det sedan kan användas.

– Vi vill undersöka hur lokalt producerade energibärare – i detta fall vätgas och biogas – passar in i det lokala energisystemet och om de kan öka möjligheterna till flexibiliteten i energisystemet, berättar Kristina Broberg vid Rise som leder studien.

Rise har i tidigare projekt producerat både biogas och vätgas ur restvatten – men i separata processer. Nu ska de två systemen kopplas ihop. Restvattnet ska först ledas in i en reaktor där det bildas vätgas. Därifrån ska vattnet föras vidare till en annan reaktor där det bildas bio-

gas. Biogasen och vätgasen produceras av bakterier som växer i vattnet.

– Det är superspännande att se hur bioprocesserna kommer att bete sig och hur de funkar ihop. Vi ska se hur systemet betar sig när vi testar det i pilotskala, hur mycket vätgas vi får, hur snabb biogasprocessen kan bli och hur lång uppehållstid som krävs i reaktorn för att vi ska få önskat utbyte.

**PILOTSTUDIEN SKA GÖRAS** av bioteknikföretaget Indienz. Bo Mattiasson, som är professor emeritus i bioteknik vid Lunds universitet och vd för företaget, pekar på att variationer i industrivatten generellt kan vara ett problem.

– Sammansättningen i industriavfall kan variera under tid och det påverkar fördelningen av mikroorganismer. Det

tar ganska lång tid för bakteriekulturer att anpassa sig, säger han.

**PROJEKTET, SOM KALLAS** Bioflex, drog igång tidigare i år. Kristina Broberg hoppas att det ska kunna leda fram till en rad olika användningsområden.

– Visionen är att etablera en anläggning i närheten av en livsmedelsindustri. Vätgasen och biogasen som produceras skulle kunna ha många olika användningsområden, exempelvis i livsmedelsindustrin, någon annan typ av industri eller som drivmedel för fordon. Vätgasen skulle också kunna vara el-reserv i bostadsområden. Det är viktigt att utreda den här typen av ömsesidig nytta för att se hur vi kan maximera nyttan av de restprodukter som finns, säger hon. ◊





Det svenska kemilandslaget – Barabás Tahin, Love Sundin, Markus Farnebäck och Yangyi Qi – efter avslutningsmiddagen i Reykjavík, Island.

# Medaljregn på kemiolympiad

## Ädla utmärkelser till alla fyra tävlande från Sverige

**DE FYRA SVENSKA** deltagarna lyckades kamma hem flera medaljer i nordiska och internationella kemiolympiaden 2022. I den nordiska olympiaden fick Yangyi Qi och Markus Farnebäck, båda från Berzeliussskolan i Linköping, guld respektive silver, medan Barabás Tahin från Malmö Borgarskola tog hem ett brons. I den internationella tävlingen fick Yangyi Qi silver. Markus Farnebäck, Love Sundin och Barabás Tahin fick utmärkelsern Honorable mention och Tahin dessutom en utmärkelse för sitt arbete i den praktiska delen.

– Den första uppgiften på den internationella olympiaden var rela-

tivt lätt och handlade om kolloider av guldnanopartiklar och tester för covid-19. I en fråga applicerades kinetik på kväveoxider, och då det var ont om tid och uppgiften krävde långa beräk-

**”En annan fråga handlade om biokemi, vilket är mitt största intresse.”**

ningar hoppade jag över stora delar av den. En annan fråga handlade om biokemi, vilket är mitt största intresse inom kemi, berättar Love Sundin från Berzeliussskolan i Linköping.

**HAN TIPSAR DE** som är intresserade av att tävla nästa år att särskilt studera organisk kemi.

– Det deltagarna ska kunna finns i kursplanen. Det mesta i kursplanen finns i en bok om allmän kemi på universitetsnivå men uppgifterna i organisk kemi kan handla om reaktioner som inte står med där, säger Love Sundin. ◦

# Allt som är sött är inte socker

Sötma är inte lätt att mäta. För att göra det behövs en testgrupp som jämför smaken med strösocker. Men allt som smakar sött är inte ett socker.

**VAD ÄR ETT SOCKER** egentligen? Sötma mäts med hjälp av vattenlösningar av sötningsmedel som utvärderas av en mer eller mindre tränad sensorisk panel där sackaros (strösocker) används som referens. Mot den bakgrunden är det så klart lite pikant att föreningen blyacetat också är känd under namnet blysocker. Detta antyder att någon – någon gång i historien – faktiskt inmundigat denna förening.

Blyacetat har inga som helst strukturkemiska likheter med till exempel sackaros trots att de delar egenskaperna att för en mänsklig tunga frammana en söt smak. Det finns alltså en hel del andra föreningar som i detta avseende har konstaterats ha liknande egenskaper, där några av de viktigaste rent kommersiellt inkluderar sackarin, cyklamat, aspartam, acesulfam K och stevia – eller snarare steviolglykosider, som är det som verkligen används som livsmedelstillsats (se figur 1).

**ASPARTAM UPPTÄCKTES** i likhet med blysocker av en slump under forskning på magsårsmedicin när den amerikanske forskaren James Schlatter råkade ta ett finger i munnen efter att ha blandat två aminosyror. Men olikt blysocker blev aspartam en världsprодукt som sötningsmedel.

Människans intresse för sötma uppstod givetvis inte i ett laboratorium eller i en fabrik som framställde exempelvis acesulfam K. Socker är ju naturligt förekommande i många frukter och bär samt

även i honung om man här med socker använder ordet i sin generella betydelse.

**MEN VAD ÄR DÅ** ett socker? Själva ordet socker har hängt med oss indoeuropeer sedan urminnes tider. *Sarkarâ* är ett urindoeuropeiskt ord med betydelsen ”små kristaller” och det ord som ligger till grund för alla moderna ord för socker i våra olika språk, som *sugar*, *sachar*, *sheqer*, *zuccero*, *Zucker*, *sucre*, *suiker* med flera. Säkerligen var de små kristaller våra tidiga förfäder i Indien träffade på normalt endera kristaller av socker eller av salt. Redan här uppstår ett problem med att begreppet inte är tillräckligt väldefinierat.

På samma sätt som salt, som i vardagslag är synonymt med natriumklorid men också har en generell betydelse av jonförening, så är socker i vardagslag synonymt med disackariden sackaros, samtidigt som den har en generell betydelse av sockerarter. Sockerart är i sin tur en synonym till sackarid.

*”Sarkarâ är ett urindoeuropeiskt ord med betydelsen ’små kristaller’ och det ord som ligger till grund för alla moderna ord för socker.”*



Läsk är ofta sötad med sötningsmedel i stället för socker.

**I DENNA SÖTA** uppställning pockar också ordet kolhydrat på uppmärksamhet. Vi börjar där i vår inringning av socker.

Kolhydrat är ett ord som utgår från ansatsen att föreningar som förs till denna grupp består av kol och vatten som förenats med varandra enligt den empiriska formeln  $C_m(H_2O)_n$  (där  $m$  kan vara lika med  $n$ ). Detta stämmer in på föreningar som sackaros, glukos, fruktos, laktos med flera. Men det stämmer inte in på en del andra föreningar, som exempelvis karboxylsyror som uronsyror eller deoxisocker som fukos. Vidare stämmer formeln också in på både formaldehyd och ättiksyra – föreningar som inte är sockerarter. Låt oss därmed konstatera att ansatsen kolhydrat inte ger svaret på vår fråga.

Den tyske forskaren Emil Fischer fick Nobelpriset i kemi 1902 för sina studier om glukos strukturformel där de asymmetriska kolatomernas substitution var det som stod i centrum för arbetet. Med Fischers resultat kunde sedan ett helt forskningsfält kring likartade föreningar utvecklas. På den vägen gick det också





snabbt att identifiera den allra enklaste formen av likartad förening – där likartad här ska tolkas som att den uppfyllde den ursprungliga kolhydratdefinitionen – men därutöver också hade minst en asymmetrisk kolatom. Och denna förening är alltså glycerinaldehyd (figur 2). Därmed föddes en ny ansats till vad ett socker är (figur 3). Som vi redan konstaterat så gäller inte kolhydratdefinitionen i strikt bemärkelse och därmed gäller inte heller den definitionen tillsammans med kravet på asymmetrisk kolatom. Det senare är dock en viktig aspekt.

**SÖTNINGSMEDLET**

**SUKRALOS**, som i början av 2000-talet introducerades i den svenska livsmedelsindustrin, har en sötma som är 400–750 gånger högre än hos sackaros.

Sukralos är ett klororganiskt ämne där tre av hydroxylgrupperna i sackaros ersatts av kloratomer (figur 4). Likartade föreningar stod i centrum för mycket av 1980-talets debatt kring miljöfarorna med klorblekning av pappersmassa och mättes på den tiden i avloppsströmmar som det kollektiva mätetalet AOX (adsorberbara organiska halogenföreningar). Användningen i Sverige var stor under några få år, men är liten i dag.

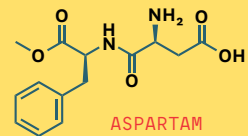
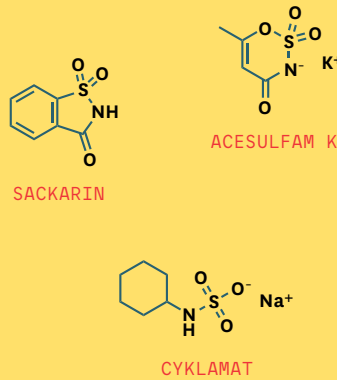
Men är sukralos ett socker eller ej? Svaret här kan inte bli exakt, men låt oss ändå göra ett försök.

**UTGÅNGSPUNKTEN ÄR ALLTSÅ** socker

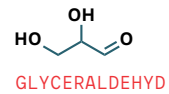
– sackaros – som substitueras med klor. Efter substitutionen stämmer inte längre kolhydratdefinitionen, men den var heller inget absolut krav för att en förening ska betraktas som ett socker. De asymmetriska kolatomernas antal har inte förändrats genom substitutionen med klor så asymmetrikravet är fortsatt uppfyllt. Därmed är det nog trots allt rimligt att faktiskt hävda att även sukralos är socker om än samtidigt något helt annat än socker. Visst är kemin – och i detta fall kolhydratkemin – en fascinerande vetenskap. ◦

**Sötningsmedel, socker och klororganiska ämnen**

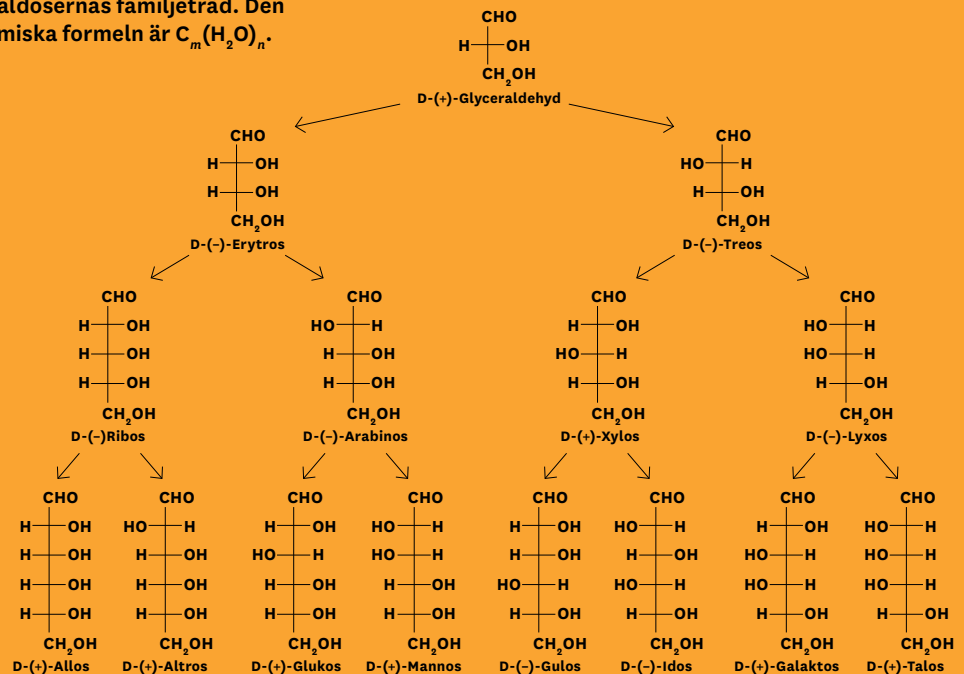
FIGUR 1: Många ämnen som smakar sött är inte ett socker.



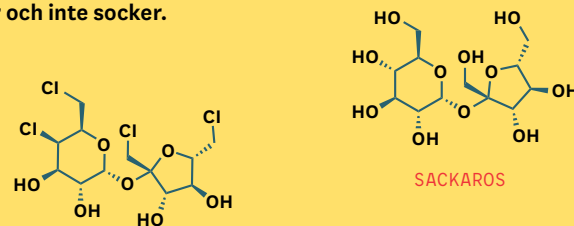
FIGUR 2: Den enklaste molekylen med formeln  $C_m(H_2O)_n$ .



FIGUR 3: D-aldosernas familjetråd. Den kemiska formeln är  $C_m(H_2O)_n$ .



FIGUR 4: Föreningar som både är socker och inte socker.



ANNONS

# Lär dig mer om plast!



Psst! Du kan också ladda ned Plastkunskap för grundskolan helt utan kostnad genom att skanna qr-koden i din telefon eller surfplatta.

**Plast går att använda till mycket.** Den finns i huset där du bor, i datorer och i din mobil. I bilar, tåg och dina kläder. Det spelar ingen roll om du handlar i en mataffär, genomgår en stor operation eller bara borstar tänderna på kvällen – plast ingår i det mesta du gör.

**Vill du lära dig mer om plast?** Om vad plast är, hur den kan återvinnas till nya produkter eller tillverkas av biobaserade råvaror, vad som görs för att minska nedskräpningen och mycket mer?

**Ladda ned Plastkunskap för grundskolan på [www.ikem.se/ikem-skola](http://www.ikem.se/ikem-skola)**