

UPPLEVELSER MED LUKTSINNET

– Förklaringsmodeller på olika nivåer

TEXT: Ammie Berglund, Jenny Lagerqvist, Kerstin Westberg, Bioresurs

Doft eller lukt?

I biologi används begreppet lukt medan vi i vardagligt tal ofta pratar om doft.

"Nämen – vad konstigt, hur kan det bli så?" Två lärare har nyss prövat ett luktexperiment med kanel och vanilj under en workshop med oss på Bioresurs. Den ena läraren har luktat på kanel och den andra på vanilj. När de sedan luktar i en burk med en blandning av kanel och vanilj får de helt olika upplevelser. Hur kan man förklara detta?

Det här enkla experimentet med luktsinnet kan göras med både yngre och äldre elever. Oavsett ålder ger det ofta en "wow"-känsla, ett slags förundran, som väcker frågor och associationer till andra upplevelser i livet (nybakta bullar luktar gott när jag kommer in i affären, men sedan tänker jag inte på det). Att upplevelser via luktsinnet påverkas av det vi nyss luktat på beror både på luktsinnescellerna i näsan (adaptation) och på hjärnan, som kan "välja bort" redan uppfattade lukter (habituering). Elevernas upplevelser, frågor och förkunskaper styr hur vi som lärare väljer att förklara det som sker. I den här artikeln kommer vi att ta upp hur förklaringsmodeller kan formuleras på olika nivåer.

Elevnära experiment för alla

I Skolverkets kommentarmaterial för biologi uttrycks progression från att det elevnära och konkreta ska vara i fokus i de lägre årskurserna till att omfatta även abstrakt och mer komplext innehåll när eleverna blir äldre. Det handlar alltså inte om att lämna det elevnära "bakom oss", för även äldre elever behöver kunna koppla undervisningen till sig själva och uppleva konkreta övningar. Experiment med luktsinnet kan göras i alla åldrar, men man kan anpassa förklaringarna på olika sätt.

Vi har sökt efter forskning om progression i förståelsen för hur luktsinnet fungerar som en del av nervsystemet, men hittat väldigt lite. Våra försök att konkretisera progression genom att uttrycka olika förklaringsmodeller (se sidorna 4–6) baseras på egna och andras lärararerfarenheter, bland annat från möten med cirka 200 lärare i årskurs 1–3 som deltagit i biologiworkshops under 2022. Vi har också fått kommentarer från forskare och experter på neurologi och luktsinnet samt ämnesdidaktik.

Förenklingar och förklaringar

På kommande sidor finns texter och bilder som illustrerar förklaringsmodeller på olika nivåer. Modeller är alltid förenklingar. Därför är det bra att fundera över valet av en viss förklaringsmodell, dess syfte och vilka begränsningar den har. Att diskutera med eleverna vad som *inte* visas i en förklaringsmodell är ett sätt att stämna av att de förstår (se sidan 5). Använd gärna illustrationerna i denna artikel för kritisk granskning av förklaringsmodeller.

Inom biologin skiljer man ibland på evolutionära och mekanistiska förklaringar. Varför vi har ett luktsinne kan vi försöka förklara utifrån evolutionärt perspektiv medan svaret till "Hur fungerar luktsinnet?" riktar in sig mot mekanismerna i hur luktämnen påverkar kroppens celler och system. Vi kan även bredda och se luktsinnets betydelse ur fler perspektiv: "Vilken betydelse har dofter för mig och för andra i samhället?" och "Hur fungerar luktsinnet hos andra arter?" De förklaringar och bilder vi valt att presentera för upplevelserna i experimentet med kanel och vanilj motsvarar mekanistiska förklaringsmodeller.

SKOLVERKETS MODULER

Kunskaper om begrepp och förklaringsmodeller har lyfts upp som det första långsiktiga målet i Lgr22 för grundskolan. I Skolverkets moduler *Kunskaper om naturvetenskapens begrepp och förklaringsmodeller* för åk 4–6 och åk 7–9 samt *Modeller och representationer* för gymnasiet kan man läsa om relationen mellan modeller, teorier och förklaringar. Det finns ingen enkel definition av begreppet förklaringsmodell, men vi tänker oss det som ett redskap för att förklara fenomen.

Från enkla till mer komplexa och abstrakta förklaringsmodeller

FÖR EN SOM VILL HA EN ENKEL FÖRKLARING

Vi kan känna lukter från olika saker med näsan. Från näsan skickas signaler till hjärnan. Vi kan minnas och känna igen lukter och använda näsan för att avgöra vad som luktar. Vissa dofter gillar vi medan annat luktar illa. Om vi har luktat på kanel en stund så känns det inte lika starkt längre. Vi har vant oss vid det. Då känner vi lättare nya dofter än de vi luktrade på nyss. Därför känner en person som luktat på kanel mest vaniljdof-ten när den luktar på blandningen.

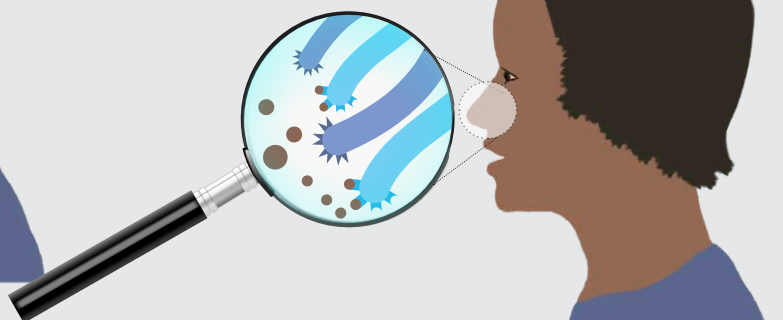


I bilder till den enkla förklaringen är det viktigt att en kropp är synlig och även varifrån lukten kommer. I det här fallet har vi en figur på en persons huvud där både näsa och hjärna är tydliga. Det som inte visas i bilden är till exempel luktämnen och hur de påverkar näsans celler och vårt nervsystem.

I triangelmodellen nedan visas tre organisationsnivåer som vi hoppar mellan när vi förklarar upplevelsorna med doftsinnets. Den enklaste förklaringen (se ovan) rör sig mest på makronivå medan de andra mer avancerade förklaringarna mer eller mindre hoppar mellan alla nivåer, även mikro- och submikronivån.

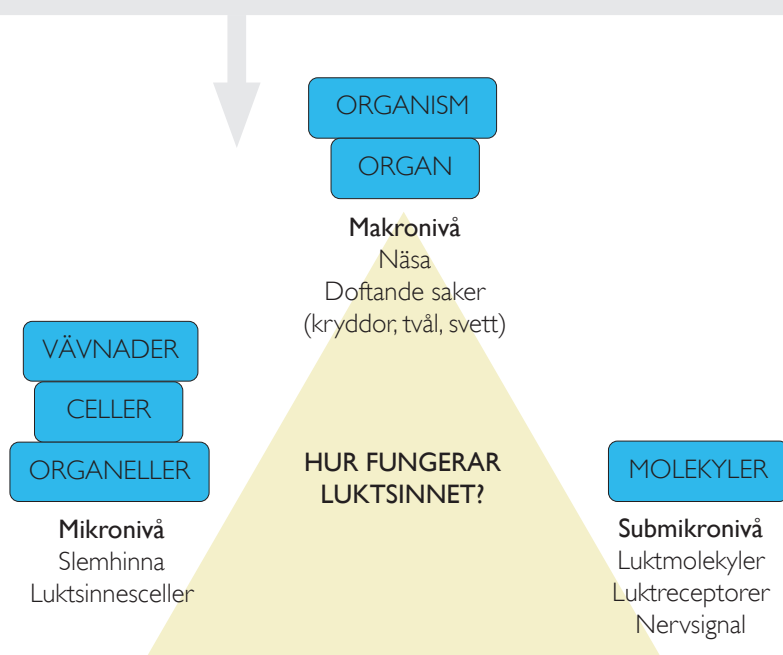
FÖR EN SOM VILL VETA LITE MER

Luktämnen kommer in i näsan och fastnar på våra luktsinnes-celler. Då skickas signaler till hjärnan. Om vi har känt en lukt förut känner vi igen den med minnet i hjärnan. Om vi luktar på kanel en stund blir vi avtrubbade. Luktsinnes-cellerna har fått på sig så mycket av kanelämnena att det inte finns några lediga luktsinnes-celler för just kanel. Hjärnan kan också vara lite avtrubbad efter alla kanel-signaler. Om man då luktar på en blandning med kanel och vanilj så kommer vi inte få så många kanel-signaler. Istället kommer vi känna det andra som luktar i blandningen, vanilj.



Förståelse för att lukter utgörs av partiklar är "kritiskt", en förutsättning för att kunna bygga vidare på förståelsen av hur vi tar emot dofter. Arbete med luktämnen kan bidra till att utveckla förståelse för en enkel partikelmodell.

Förstoringsglaset visar att vi zoomar in och tittar på något vi inte kan se med våra ögon. Det förutsätter att eleverna känner till förstoringsglas och även förstår symboliken (molekyler går inte att se med förstoringsglas). De bruna cirkelarna visar små "kanelpartiklar" (kanelmolekyler). Kanelmolekylerna passar med sin form in i "mottagare" (receptorer) på luktsinnes-celler i näsan.



PARFYMDOFT

Skolverkets bedömningsstöd DiNo för åk 1–6 har en uppgift om parfym där eleverna ska beskriva och förklara hur en doft sprider sig i rummet. I lärarmaterialet framgår att uppgiften fokuserar på partiklar och diffusion, men det går utmärkt att koppla uppgiften även till förklaringar om hur luktsinnet fungerar. Uppmana gärna eleverna att rita bilder av hur de uppfattar fenomenet som beskrivs i uppgiften.

Materialet finns på Skolverkets sida *Bedömningsstöd i biologi i grundskolan*, se www.skolverket.se.

FÖR EN MED VISSA BIOLOGIKUNSKAPER

Luktsinnet består av luktsinnesceller i näsans slemhinna och nervceller som skickar vidare nervsignaler till områden i hjärnan där vi hanterar luktsignaler. Vi har många olika luktsinnesceller, var och en kan reagera på en viss sorts luktmolekyl. De flesta lukter består av en blandning av olika molekyler. När vi andas in olika luktmolekyler får vi en unik upplevelse via kombinationen av signaler som kommer in till hjärnan. När vi har luktat på en viss doft en stund, till exempel kanel, kommer de luktsinnesceller som aktiverats behöva en paus innan de kan skicka fler signaler – även om luktämnet finns kvar. Hjärnan kan också "välja bort" att registrera samma doft hela tiden. Den väljer istället att göra oss medvetna om nya lukter, till exempel vanilj om det fanns i blandningen.

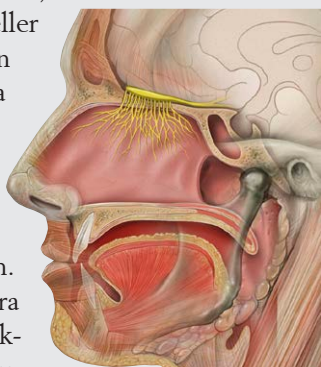
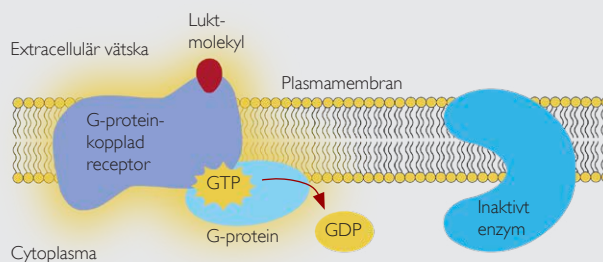


ILLUSTRATION: Patrick J. Lynch, commons.wikimedia.org, CC BY 2.5

En skillnad i den här förklaringen jämfört med den föregående är att lukter är mer komplexa än bara rena ämnen. Här framgår också lite mer om hur hjärnan registrerar signaler och hur den kan påverka upplevelsen genom att sortera intryck. I nästa förklaring, till höger, blir begreppen ännu mer specifika, framförallt på submikronivån (ATP, membranbunden receptor med mera). Genomskärbilder kan vara utmanande att förstå för elever. Ett syfte med att använda en sådan bild kan vara att lyfta fram slemhinna inuti näsan och att luktsinnescellerna (som dock inte visas explicit i denna figur) leder in mot hjärnan.

FÖR EN MED BRED BIOLOGIKOMPETENS

Luktsinnesceller har membranbunda proteiner som kan binda till luktmolekyler. I vår arvs massa har vi hundratals gener som kodar för sådana luktreceptorer, men en luktsinnescell uttrycker bara en sorts receptor. När vi andas in en mix av olika luktmolekyler binder de till olika luktsinnesceller som aktiveras och skickar signaler till hjärnan som tillsammans ger en luktupplevelse. Luktsinnesceller som aktiverats av till exempel kanelmolekyler depolariseras när de skickar vidare signaler. Medan de återhämtar sig med hjälp av proteiner och ATP (vilopotentialen återställs) kan de inte reagera (adaptation). Kombinerat med att hjärnan dämpar signaler från nervceller som nyligen skickat luktsignaler (habituering, tillvänjning) sorteras "kanel-signaler" bort när vi luktar på blandningen med kanel och vanilj. Däremot kommer vi snabbt få luktsignaler från vanilj som det ännu inte har skett någon adaptation eller habituering till.



I den här bilden syns inte en hel cell, och det är inte tydligt var i näsan vi befinner oss. Illustrationen ska visa en luktreceptor i ett cellmembran. Den övre delen i bilden motsvarar utsidan av cellen, det vill säga neshålan där luktmolekylerna kommer in. Antalet och placering av receptorerna syns inte heller.

Begränsningar i förklaringsmodellerna

Alla modeller har ett visst syfte men också begränsningar i vad de kan användas till. I de förklaringsmodellerna vi ger i artikeln kan man exempelvis notera följande:

- Kaneldoft ser ut att enbart orsakas av en molekyl (bruna cirklar i förstoringsglasen). Även om kanelaldehyd procentuellt utgör en stor del av extrakt från kanelbark så följer det med andra molekyler också (till exempel eugenol).
- Luktsinnescellernas "mottagare" är ritade som att passformen mellan doftmolekyl och receptor avgör. Men interaktioner mellan molekyler och receptorer påverkas även av molekylernas laddning och om de är polära eller opolära.
- I bilderna är näsans luktsinnesceller fokuserade, men i verkligheten är det många andra typer av celler som också ingår i det man kallar luktepitel. Det syns inte heller att luktsinnescellerna är få jämfört med de andra cellerna.
- Luktsinnescellernas receptorer är inte riktigt så specifika som visas i bilderna. En typ av receptor kan binda olika luktmolekyler och en luktmolekyl kan binda till flera receptorer (se figur på sidan 6). Molekyler som kemiskt liknar varandra retar luktsinnet på likartat sätt.



Jordgubbsdoft består av en blandning av många molekyler; till exempel etylbutanoat, butansyra och etylhexanoat, som visas här ovan. Förstoringsglasen symboliserar inzoomning, men fungerar i verkligheten inte alls för att se molekyler. Molekylmodellernas färger för olika grundämnen är även det exempel på att illustrationer kräver förförståelse för att tolkas.

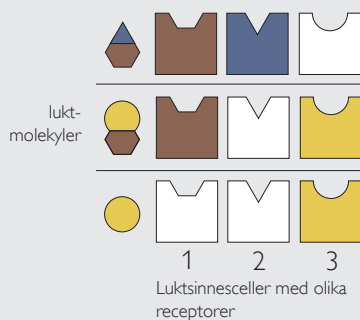
FOTO: pixabay.com (jordgubbe, förstoringsglas samt vanilj) på burken på sidan 4

FÖR EN SOM SÖKER FÖRDJUPADE FÖRKLARINGAR

I övre delen av näshålans slemhinna finns ett litet område med cirka 50 miljoner luktsinnesceller. De har utskott (cilier) riktade ut mot näsans slemhinna, som ger en stor kontaktyta mot utsidan. På cilierna sitter lukt-receptorer. En luktsinnescell uttrycker bara en av cirka 400 funktionella lukt-receptorgener som finns i arvsmassan. De kodar för membranbunda G-proteinkopplade lukt-receptorer (proteiner). Receptorernas form och kemiska egenskaper på den extracellulära sidan gör dem selektiva och de binder bara till vissa typer av molekyler. Ibland binder receptorerna bara en sorts molekyl, medan andra är mer flexibla och kan binda till flera olika luktämnen. Ett och samma luktämne kan också binda till olika receptorer. Andra ämnen i den extracellulära miljön i slemhinnan kan göra luktämnen mer eller mindre tillgängliga för luktsinnescellerna. Luktämnenas interaktion med luktsinnescellerna är alltså väldigt komplex.

Luktsinnescellernas axoner är riktade uppåt genom skallbenet till luktbulben som skickar nervsignaler in mot hjärnan. Luktsignalerna kommer i kombinationer och i hjärnan kopplas de till minnen och ger effekt genom olika typer av respons (som att snabbt reagera på en lukt som förknippas med fara).

Det som sker inuti en luktsinnescell (intracellulära processer) efter att den bundit till sig ett doftämne

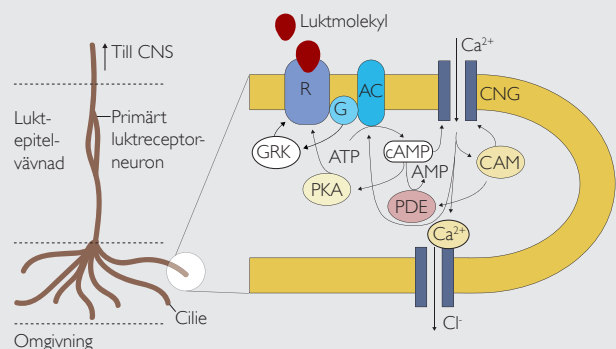


Varje typ av luktsinnescell har en viss lukt-receptor (se 1–3 i figuren och form på inbuktning). De kan binda till en eller flera lukt-molekyler beroende på deras kemiska egenskaper. En luktsinnescell med fylld färg visar att den kan binda till lukt-molekylen till vänster i samma rad. Vit färg står för att lukt-molekylen på raden inte kan binda till just den receptorn.

kan delvis hjälpa oss att förklara hur vi blir "avtrubbade" för en lukt. Den G-proteinkopplade receptorn ändrar form när den binder ett doftämne vilket startar en kedjereaktion som aktiverar andra proteiner inuti cellen. Det leder till att jonkanaler öppnas i cellmembranet. Positivt laddade joner flödar in i luktsinnescellen som på så sätt depolariseras. Depolarisationen fortplantar sig via axonet in mot luktbulben som i sin tur för över signalen direkt in mot hjärnan. I de depolariserade luktsinnescellerna börjar olika proteiner att återställa jonbalansen (refraktärperiod), och innan balansen är återställd kan cellen inte reagera på stimuli. Om vi luktar länge på kanel kommer många av de luktsinnesceller som har receptorer för ämnen i kaneldoft att depolariseras, vilket gör att det tar ett tag innan de hunnit återhämta sig. Under tiden har vi sämre förmåga att reagera på samma doft.

En annan tänkbar mekanism är att cellerna genom endocytos kan dra in och minska antalet membranbunda receptorer (internalisering). Det kan göra luktsinnescellerna mindre känsliga för ett doftämne.

Slutligen har vi hjärnans bearbetning av de inkommande signalerna. I lukt-kortex i hjärnan kan nervsignaler från redan vanliga lukter i miljön vi befinner oss i sorteras bort från medvetandet. Istället prioriteras eventuellt nya eller förändrade luktsignaler. Hjärnans bearbetning är dock rätt komplex här och väger in annan information än från just näsan i signalbearbetning (som rädsla för en doft, se diagrammet på nästa sida).



Modeller på avancerad nivå ställer stora krav på läsarens förkunskaper både bild- och begreppsmässigt. Illustrationen till vänster visar inget sammanhang i relation till en kropp. Till höger visas doftsinnescellen och en inzoomad bild på änden av en cilie. Många böjda pilar och förkortningar gör det svårt att förstå vad som leder till vad. Att påminna oss om "var vi är", att se helheter, är viktigt oavsett var vi är i vår lärandeprocess. Även universitetsstudenter kan ha svårt att hålla koll på var i kroppen alla detaljer på cell- och molekylnivå hör hemma. I läkarutbildningen byggs kunskapen i fysiologi på successivt. När de läser om sjukdomar repeteras och fördjupas grundläggande fysiologi. Med tiden får detaljerna en tydligare koppling till helheten (exempelvis att likartade receptorer finns i olika organ).

Illustrationen ovan till vänster är inspirerad av figur 8 i artikeln Malnic, B. m. fl. (1999) Combinatorial receptor codes for odors. *Cell*, 96 (5), s. 713–723.

Illustrationen till höger är inspirerad av figur 4 i artikeln Ache, B.W., Young, J.M. (2005) Olfaction: Diverse species, conserved principles. *Neuron*, 48 (3), s. 417–430.

Visste du detta?

INTERVJU Johan Lundström, professor i luktperception vid KI, svarar på frågor om luktsinnet.

TEXT: Ammie Berglund, Bioresurs



FOTO: Bildmakarna

Johan Lundström, professor vid Karolinska institutet, bedriver forskning om den neurala och perceptuella grunden för luktsystemet och undersöker hur luktsystemet interagerar med våra andra sinnen.

johan.lundstrom@ki.se

Hur påverkar covid-19 luktsinnet?

Den nuvarande förståelsen pekar på att både kort- och långvarig förlust av luktsinnet beror på en kombination av två faktorer. Dels att miljön runt luktsinnescellerna försämras när SARS-CoV-2-virus angriper de viktiga stödcellerna i luktepitelet som har många ACE2-receptorer, dels att viruspartiklar transporteras upp till luktbluben som skadas av virusangreppet. Vår forskning visar att luktbluben minskar i medeltal med cirka 15 procent hos de som har haft corona.

Luktreceptorer på andra ställen?

Lukt- och smakliknande receptorer finns på många ställen i kroppen. Ett intressant fynd är att spermier har en luktreceptor som gör att de kan lukta sig fram till ägget (lukten av bourgeonal). Om män saknar just den luktreceptorn är de infertila.*

Vad styr upplevelsen av lukter?

Om vi förenklat tänker på lukter som behagliga eller obehagliga kan vi tolka frågan ur lite olika perspektiv. Vi forskar själva på vad som händer på cell- och molekylnivå när försökspersoner exponeras för olika lukter och kopplar det till deras respons. Vi har då till exempel sett att lukter som upplevs som obehagliga har "förtur" i luktbluben och leder till att hela kroppen vänds bort från det håll personen haft när lukten upplevdes.**

Spelar kultur någon roll?

Det finns forskning som tar upp frågan ur ett mycket större perspektiv, exempelvis hur olika lukter uppfattas av människor från olika kulturer. Det som i huvudsak förklarar om ett ämne uppfattas som en behaglig lukt är kopplat till själva luktämnets kemiska egenskaper och personliga preferenser, oberoende av vilken kultur försökspersonerna kommit ifrån.***

Referenser och mer information

* Sinding, C. m. fl. (2013). Decreased perception of bourgeonal may be linked to male idiopathic infertility. *Chemical Senses*, 38(5), s. 439–445.

** Irvani, B. m. fl. (2021). The human olfactory bulb processes odor valence representation and cues motor avoidance behavior. *PNAS*, 118(42), s. 1–12.

*** Arshamian, A. m. fl. (2022). The perception of odor pleasantness is shared across cultures. *Current Biology*, 32(9), s. 2061–2066.

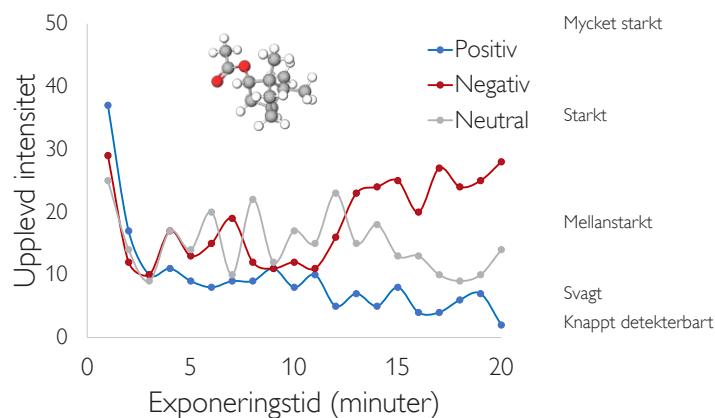
Alex, O (2021) Så fick min näsa sällskap under pandemin. *Forskning och framsteg*, 4 (tryckt och på fof.se).

Påverkar stress luktsinnet?

Det finns anekdotiska bevis för att långvarig stress påverkar luktförmågan men tyvärr ingen bra studie att riktigt lita på. Däremot finns det lite bättre bevis på det motsatta, nämligen att lukter kan motverka och minska stress. Det gäller främst lukter som är associerade med natur och skog.

Är vi bättre på farliga lukter?

Hur farlig man tror att en lukt är spelar en stor roll för adaptation och habituering. Diagrammet nedan visar resultat av en studie där försökspersoner suttit i en testkammare i 20 minuter med en konstant koncentration av isobornylacetat (används som parfym i rengöringsmedel) och varje minut bedömt hur intensivt de upplevt lukten. Innan försöket fick de information om att lukten var antingen positiv (blå kurva, "hälsobefrämjande"), negativ (röd kurva, "ohälsosam") eller neutral (grå kurva, "standardämne för luktforskning").



Diagrammet har skapats efter resultat i artikeln Dalton, P. (1996) Odor perception and beliefs about risk. *Chemical Senses*, 21(4), s. 447–458.

Tack till Markus Sjöblom, universitetslektor i fysiologi vid Uppsala universitet, för givande samtal kring innehållet om luktsinnet i detta nummer av Bi-lagan och till Johan Lundström, professor i luktperception vid Karolinska institutet och Marcus Stensmyr, luktforskare vid Lunds universitet, för faktagranskning och svar på frågor om luktsinnet. Tack också till Malin Lavett-Lagerström, Skolverket, för värdefulla kommentarer i slutfasen av skrivandet.