

HOVEDBUDSKAP

- Det finnes sukkeralkoholer som er gode sukkererstatninger i matvarer, tyggegummi, pastiller, godterier, sjokolade, bordsøtningmidler, medikamenter, vitamintabletter/kosttilskudd, og flere egner seg til matlaging og baking.
- Personer med stor kariesaktivitet eller høy kariesrisiko kan dra spesielt god nytte av å innta sukkerfrie varer som tyggegummi, pastiller, drops og andre søtsaker som ofte inntas mellom hovedmåltider, samt å bruke suketter i kaffe og te, for å redusere antall daglige kariogene syreangrep på tennene.
- Sukkeralkoholer kan gi mage-tarm plager hos noen og utelukkes i lav-FODMAP kost hos de som får diagnosen irriterbar tarmsyndrom, men fettsyrene som produseres ved nedbryting av sukkeralkoholene i tykktarmen kan ha flere positive helseeffekter.

FORFATTERE

Elin Giertsen, professor dr.odont. Institutt for klinisk odontologi, Avdeling for kariologi og gerodontologi, Det odontologiske fakultet, Universitetet i Oslo

Torunn Birkeland Bakken, tannlege, master odont. Colosseum Tannlege Nordmo, Kristiansand

Guri Høgenæs Bergesen, tannlege, master odont. Tannlegane Klyve og Bergesen, Norheimsund

Anne-Marie Aas, klinisk ernæringsfysiolog, førsteamanuensis, ph.d. Seksjon for klinisk ernæring, Medisinsk klinikk, Oslo universitetssykehus og Institutt for klinisk medisin, Det medisinske fakultet, Universitetet i Oslo

Korresponderende forfatter: Elin Giertsen, e-post: elin.giertsen@odont.uio.no; postboks 1109, Blindern, 0317 Oslo

Artikkelen har gjennomgått ekstern faglig vurdering.

Akseptert for publisering 08.06.2021

Giertsen E, Bakken TB, Bergesen GH, Aas A-M. Alternative søtningmidler: Egenskaper, bruksområder, sikkerhetsaspekter og helseeffekter – Del 1: Sukkeralkoholene. *Nor Tannlegeforen Tid.* 2021; 131: 690–700

Norsk MeSH: Kosthold; Søtstoffer; Kariogen diett; Kost, mat og ernæring

Artikkelen er basert delvis på masteroppgaven i odontologi til Torunn Birkeland Bakken og Guri Høgenæs Bergesen ved Det odontologiske fakultet, Universitetet i Oslo med førsteforfatter som veileder.

Alternative søtningmidler: Egenskaper, bruksområder, sikkerhetsaspekter og helseeffekter – Del 1: Sukkeralkoholene

Elin Giertsen, Torunn Birkeland Bakken, Guri Høgenæs Bergesen og Anne-Marie Aas

I dag er vektøkning og fedme økende problemer, og ønsket om å erstatte sukker med kalorifattige alternativer er den viktigste drivkraften for å utvikle nye søtstoff. I alt 21 alternative søtningmidler er tillatt til bruk i Norge. Søtningmidler er tilsetningsstoffer som må gjennomgå grundige sikkerhetsvurderinger før de kan bli godkjent som søtstoff i strø og suketter, sukkerfrie produkter, sukkerfrie og sukkerreduerte matvarer og drikker, medikamenter, kosttilskudd og munnpleiemidler. Søtstoff deles hovedsakelig inn i energigivende og svakt søtende sukkeralkoholer og kalorifattige intense søtstoff. Denne artikkelen omhandler først og fremst sukkeralkoholer; deres sammensetning, egenskaper, bruksområder, metabolisme samt orale og generelle helseeffekter. Sukkeralkoholene er ikke kariesfremmende. De anbefales spesielt til bruk i sukkerfrie produkter som inntas mellom hovedmåltider, og særlig av personer med stor kariesaktivitet eller høy kariesrisiko, for å redusere antall daglige kariogene syreangrep på tennene. De fleste sukkeralkoholene er ikke tillatt brukt i sukkerfrie/sukkerreduerte drikker. Sukkeralkoholene absorberes bare delvis i tynntarmen. Den delen som ikke tas opp, fermenteres av bakterier i tykktarmen, hvor det dannes gasser som kan gi mage-tarm plager.

Sukkeralkoholene utelukkes derfor i lav-FODMAP kost for de som får diagnosen irritable tarmsyndrom. Fettsyrene som produseres i tykktarmen fra sukkeralkoholene, kan likevel ha flere positive helseeffekter, selv om sukkeralkoholer ikke klassifiseres som prebiotiske.

Alternative søtningsmidler (søtstoff, søtningsstoffer) er blitt brukt i vesentlig omfang siden begynnelsen av 1960-tallet da de første sukkerfrie tyggegummier kom på markedet i USA (1). Det var først og fremst for personer med diabetes at man begynte å søke etter sukkererstatninger som gir liten eller ingen blodsukkerstigning (1). I 1963 lanserte Coca Cola de første sukkerfrie leskedrikker søtet med cyclamat (1). På 1980-tallet satte godkjenning av flere søtstoff fart i utvikling og produksjon av sukkerfrie pastiller og andre sukkerfrie søtsaker (1).

I dag er vektøkning og fedme økende problemer, både i den vestlige industrialiserte del av verden og i utviklingsland (2, 3). Overvekt skyldes blant annet høyt inntak av sukker, og ønsket om å erstatte sukker med kalorifattige erstatninger er den viktigste drivkraften for å utvikle nye søtstoff. Sukker tilfører kroppen energi, men ikke andre næringsstoffer. Folkehelseinstituttet (FHI) rapporterte i 2017 at 25 % av norske menn og 21 % av norske kvinner i alderen 40–45 år hadde fedme med kroppsmasseindeks (KMI) > 30 kg/m², og at mindretallet var normalvektige (4). Vektøkningen for menn startet rundt 1960 og for kvinner rundt 1980 (4). Fedme disponerer for belastningslidelser i ledd og skjelett som slitasjegikt i hofter og knær, diabetes type 2, hjerte- karsykdommer, visse kreftformer og søvnapné (4). Det er bekymringsfullt at overvekt og fedme er utbredt også blant barn og ungdom (3–5).

I Norge varierte engrosforbruket av sukker (sukrose) mellom 38 og 45 kg per innbygger i årene 1960–2000 (6). Sukkerforbruket minket gradvis i årene 2000–2018 fra et gjennomsnitt per innbygger på 43 kg i 2000 til 33 kg i 2008 og 24 kg i 2018, men sukker utgjør fremdeles en høyere andel av kaloriinntaket i det daglige kostholdet enn det anbefalte nivået på 10 % eller lavere (4, 7). Oversiktene over årlige engrosforbruk innbefatter ikke sukkervarer innført til landet via grensehandel eller internetthandel i utenlandske nettbutikker. Inntaksmønsteret er endret med hyppigere inntak av søtsaker og søte drikker (2, 4–7). Denne utviklingen fra «lørdagsgodt» til «søtt støtt» er spesielt uheldig for barn og ungdom (5).

Sukkerets rolle for kariesutvikling er velkjent fra både laboratorieforsøk, dyreforsøk, kliniske studier og epidemiologiske undersøkelser (8, 9). Til tross for det høye sukkerkonsumet gikk kariesforekomsten betydelig ned blant barn og ungdom i Norge fra ca. midten av 1960-tallet, noe som primært tilskrives bruk av fluori-der (10). Endrede kriterier for fyllingsterapi fra ca. 1980 har også bidratt til bedre tannhelse (10). Likevel er karies fremdeles utbredt

i grupper av befolkningen. For eksempel er eldre som beholder egne tenner en risikogruppe, blant annet på grunn av munntørretthet.

Globalt er karies den vanligste orale sykdommen (11, 12). Ifølge Verdens Helseorganisasjon (WHO) har 60–90 % av alle skolebarn på verdensbasis karies, og det store flertallet av voksne er også rammet (11). For å forebygge både karies og fedme anbefaler WHO at inntaket av «fritt sukker», dvs. alle mono- og disakkarider enten tilsatt eller naturlig forekommende i næringsmidler, reduseres til 5 % av kaloriinntaket hos barn og ungdom (2, 13). Den epidemiologiske evidensen for den lavere sukkergrensen er imidlertid betydelig svakere enn for 10 % grensen (2, 13).

I dag er 21 søtningsmidler som alternativ til sukkerarter godkjent til bruk i Norge som tilsetningsstoffer i matvarer, drikker, strø og sukker, tyggegummi, pastiller og andre søtsaker, samt i medisiner, kosttilskudd og munnpleiemidler (1, 14, 15). Sötstoffene er svært forskjellige når det gjelder både opphav, kjemisk sammensetning, søt smak, kaloriinnhold, fysiologiske og teknologiske egenskaper (1, 9, 14–16). Også glykemisk indeks (GI), dvs. evnen til å øke blodsukkernivået, varierer mellom søtstoffene (1, 14, 15).

Sötstoff deles hovedsakelig inn i kaloriholdige, svakt søtende sukkeralkoholer og kalorifattige/kalorifrie intense søtstoff. Å matche sukker med tanke på smak, pris, teknologiske egenskaper, volum ved matlaging (fylde, konsistens), konserveringsevne og fermentering ved fremstilling av nye søtningsmidler, er tilnærmet umulig. På den andre siden er behovet for alternative søtningsmidler med gode teknologiske egenskaper økende. Sukrose er 'gullstandarden' med hensyn til smaksopplevelse, og produsenter etterstreber å fremstille søtstoff med søt smak som ligner sukrose i størst mulig grad.

Denne artikkelen omhandler sukkeralkoholer som er godkjent til bruk på det norske markedet. *Intense søtstoff beskrives i del 2 av denne artikkelserien.* Sukkeralkoholenes sammensetning, egenskaper, søt smak, bruksområder, kaloriinnhold, GI-verdier og akseptabelt daglig inntak av stoffene beskrives. Helseaspekter ved bruken av dem samt mulige bivirkninger omtales også.

Søtsuget – medfødt eller ervervet?

Honning, frukt og bær som inneholder glukose (druesukker) og fruktose (fruktsukker) er tradisjonelt blitt verdsatt for deres søte smak. Etter at sukker ble raffinert for vel 600 år siden, har imidlertid smaken av sukrose (bordsukker) vært en standard for søt smak og var inntil for noen tiår tilbake så å si det eneste søtningsmiddelet til allmenn bruk (1).

De fleste mennesker liker smaken av søtt, og trangten til søtt synes å være en biologisk drift (5, 16). Studier av nyfødte har vist at de kan skille mellom søte, sure og bitre løsninger (16). Nyfødte fore-

trekker sukret væske fremfor rent vann og reagerer med økende tungebevegelser på søtt med økt søtningsintensitet som tegn på velbehag (5, 16). Morsmelk smaker søtt, og småbarn foretrekker mat som er både kjent og søt (5, 16). Preferanse for søtt kan være genetisk betinget, men er også miljømessig og kulturelt betinget idet søt smak er forbundet med behagelige opplevelser som feiring av merkedager, trøst og belønning i vår kultur (5).

Alternative søtningsmidler er tilsetningsstoffer

Tilsetningsstoffer i næringsmidler er stoffer som normalt ikke inntas som et næringsmiddel i seg selv, men som med hensikt tilsettes næringsmidler for å oppfylle et teknisk formål. Alternative søtningsmidler er en gruppe tilsetningsstoffer som brukes i bordsøtningsmidler, matvarer, drikker og andre produkter for å gi søt smak, og må som andre tilsetningsstoffer være godkjent av Mattilsynet før de kan tas i bruk i Norge. For at et tilsetningsstoff skal kunne bli godkjent, er det tre vilkår som må oppfylles; bruken må ikke innebære en helseisiko, det må være et teknologisk behov og bruken må ikke villedle forbrukeren. Ettersom Norge har et EØS-harmonisert regelverk, følger Norge EUs sikkerhetsvurderinger. Alle godkjente tilsetningsstoffer blir risikovurdert ved behov av European Food Safety Authority (EFSA) (Den europeiske myndighet for mattrygghet) sitt vitenskapelige panel med ansvar for tilsetningsstoffer. Alle godkjente tilsetningsstoffer, også søtstoffene, har fått et E-nummer. Nummeret er internasjonalt, mens E-en er beholdt EU/EØS-land. For hvert tilsetningsstoff er det laget detaljerte beskrivelser og spesifikasjoner som skal sikre at tilsetningsstoffene ikke er forurenset med uønskete forurensninger.

For at et stoff skal kunne godkjennes som et tilsetningsstoff, må det testes grundig for helseskadelige effekter. Det må ikke være reproduksjonsskadelig, gentoksisk eller kreftfremkallende. For å sikre at bruken av tilsetningsstoffer i mat og drikke er trygg, er det gitt detaljerte regler for hvor mye det er tillatt å bruke av de forskjellige stoffene og i hvilke produkter. Grensene for hvor mye som er tillatt, settes på bakgrunn av EFSA sine vitenskapelige risikovurderinger. Basert på disse vurderingene bestemmer EU-kommisjonen hvilke bruksområder/nivåer som er trygge slik at befolkningen ikke overskrider akseptabelt daglig inntak (ADI) av tilsetningsstoffer. Noen tilsetningsstoffer har ikke ADI. Begrepet ADI beskrives nærmere i Del 2: Intense søtstoff. Vurderingene er i hovedsak basert på resultater fra eksperimentelle dyrestudier som beskrevet i «Guidance on submission for food additive evaluations» utarbeidet og nylig revidert av EFSA (17). Vitenskapskomitéen for mat og miljø (VKM) gjør risikovurderinger om det blir behov for å vurdere spesielle spisevaner eller andre forhold i Norge.

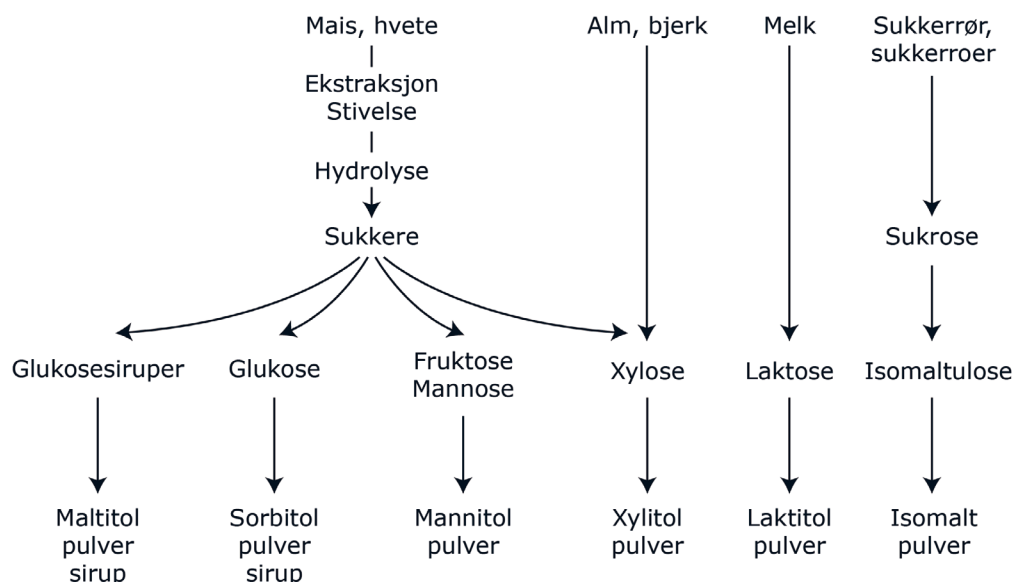
Det er bare tillatt å bruke de enkelte stoffene i de produktene hvor bruken er vurdert og godkjent, og bruken skal angis i merkingen av varene. Alle produkter som inneholder søtstoff skal merkes «inneholder søtstoff» i tilknytning til varebetegnelsen, og det er påbudt å merke innholdet med spesifikt navn eller E-nummer i ingredienslisten på ferdigpakkede næringsmidler eller andre produkter.

Sukkeralkoholer

Sukkeralkoholer, også kjent som polyoler, er energigivende og svakt søtende søtstoff. Sukkeralkoholer har kjemisk likhet med sukker, men de inneholder ikke noen reaktiv aldehyd- eller ketogruppe. De kan derfor ikke brukes til gjæring, gjennomgå Maillard bruningsreaksjoner eller karamelliseres. De fleste sukkeralkoholene finnes i naturen i små mengder, i frukt og grønnsaker (14, 15). Det er ikke lønnsomt å bruke disse som råstoff for utvinning (14, 15). Sukkeralkoholene fremstilles derfor industrielt fra sukkerarter gjennom reduksjon med hydrogen gass under høyt trykk (14, 15). Sukkeralkoholer er hydrogenerte former for karbohydrater hvor dobbeltbindingen mellom oksygenatomet og karbonatomet i karbonylgruppen er redusert til en hydroksylgruppe. Vanlige fremstillingsruter for sukkeralkoholer vises i figur 1. Et unntak er erytritol, som fremstilles ved fermentering av glukose og små mengder andre sukkere (14, 15).

Sukkeralkoholer som er godkjent til bruk innen EU og deres E-nummer vises i tabell 1. De fleste sukkeralkoholene ble godkjent i 1984 av tidligere Scientific Committee on Food of the European Commission (SCF) (tabell 1). Erytritol ble godkjent til bruk i EU i 2003, og polyglycitol sirup er så langt den siste som ble godkjent i 2008 til bruk som søtstoff i flere matvarekategorier (tabell 1). Sukkeralkoholene er generelt mindre søte enn sukrose, bortsett fra xylitol som har samme søtningsgrad som sukrose (tabell 1). Sukkeralkoholer gir kalorier ved forbrenning (tabell 1), men færre enn sukrose som gir 4 kcal/g. Erytritol gir så få kalorier at man kan se bort fra kaloriinnholdet (tabell 1). Likevel velger EU å oppgi en felles kalorimengde for alle sukkeralkoholene på 2,4 kcal/g (14, 15, 18).

Glykemisk indeks er et mål for hvor mye blodsukkeret stiger i løpet av to timer etter inntak av en matvare med 50 g karbohydrat (18, 19). Som referanse bruker man målinger etter inntak av 50 g ren glukose, og denne verdien settes til 100 (18, 19). GI varierer mellom sukkeralkoholene, men for de fleste er GI lav eller svært lav (tabell 1). Til sammenligning er GI for sukrose ca. 65 (18, 19). Mannitol og erytritol er ikke-glykemiske (tabell 1). Små mengder sukkeralkoholer vil for de fleste ikke gi blodsukkerstigning av betydning (18, 20). Personer med diabetes anbefales å måle blodsukkeret etter inntak av sukkeralkoholer (14) siden noen sukkeralkoholer som maltitol kan gi en målbar økning av blodsukkeret (tabell 1).



Figur 1. Vanlige fremstillingsmåter for sukkeralkoholer. Omarbeidet fra ref. 9.

Metabolisme av sukkeralkoholer

De fleste sukkeralkoholene absorberes langsomt og ufullstendig i tyntarmen, enten i uendret form eller i form av nedbrytningsprodukter (14, 15, 18). Det varierer i stor grad hvor mye av stoffene som tas opp (14, 15, 18). Isomalt og laktitol er eksempler på sukkeralkoholer som så å si ikke tas opp i tyntarmen (14, 15, 18). Erytritol er et lite molekyl og absorberes nesten fullstendig (14, 15, 18). Absorpsjonen skjer ved passiv diffusjon da det ikke finnes aktive transportsystemer for disse stoffene (14, 15, 18). Metabolismen av absorberte mengder er delvis uavhengig av insulin (14, 15, 18). Noen sukkeralkoholer omdannes til fruktose eller glukose (14, 15, 18). Ikke-absorberte mengder transporteres videre til tykktarmen og brytes ned av tarmbakterier til gasser (karbondioksid, metan, hydrogen) og kortkjedete flyktige fettsyrer, som fører til lav pH i tarmen (14, 15, 18). Fettsyrene tas så opp i kroppen fra tykktarmen og gir kroppen energi (14, 15, 18). Fettsyrene virker også som signalmolekyler og bidrar til å bedre immunforsvaret både ved å styrke tarmslimhinnen og på ulike vis virke anti-inflammatorisk (21).

Noen sukkeralkoholer er hygroscopiske, dvs. de trekker vann til seg og holder på fuktighet, og det kan oppstå en osmotisk diaré etter inntak av større mengder (14, 15, 18). Noen opplever oppblåst mage, luftplager, mageknip eller kvalme selv etter inntak av moderate mengder. Dette er ufarlig, men kan være ubehagelig (14, 15, 18). Denne effekten er ikke begrenset til sukkeralkoholer, men er karakteristisk for mange fiberrike, lavfordøyelige matvarer som vis-

se frukter, grønnsaker, belgvekster og grove kornvarer (14, 15, 18). Metabolismen av erytritol er i en særstilling blant sukkeralkoholene. Stoffet absorberes nesten fullstendig i tyntarmen (90 %) og virker lite lakserende (14, 15, 18). For å sikre at forbrukerne får tilstrekkelig informasjon skal matvarer som inneholder mer enn 10 % tilsatte sukkeralkoholer, merkes med at inntak av større mengder kan virke lakserende (20).

Hvor mye sukkeralkoholer kan vi innta?

Mengde sukkeralkoholer som kan gi ubehag varierer fra individ til individ og mellom stoffene. Det er ikke fastsatt ADI for sukkeralkoholene. Inntak av opptil 40 g sorbitol fordelt utover dagen regnes for å være problemfritt for voksne, og et engangsinntak på 10 g sorbitol eller mannitol tolereres bra av de fleste (14, 15). De fleste voksne kan innta 20 g laktitol daglig uten å oppleve lakserende effekt, (14, 15). Akseptabelt daglig inntak av xylitol er høyere, ca. 50–70 g (14, 15). Til sammenligning kan en pastilleske inneholde 5–45 g sukkeralkoholer. Et unntak i denne sammenheng er erytritol, som er lite lakserende ved vanlige inntak (14, 15). Man kan venne seg til høyere inntak av sukkeralkoholer. Matvarer eller andre produkter som inneholder sukkeralkoholer anbefales ikke til barn under tre år pga. den lakserende virkningen. Det er heller ikke tillatt å bruke sukkeralkoholer i næringsmidler som markedsføres til barn under tre år.

Tabell 1. Sukkeralkoholer til bruk innen EU og i Norge

Sukkeralkohol	E-nummer ¹	Relativ søttningsgrad ² kcal/g ³ (sukrose = 100 %)	Glykemisk indeks ⁴ (glukose = 100)	År oppdaget ⁵	Første tildelingsår ⁶
Hydrogenerte monosakkarider					
Sorbitol	E 420	50–70	2,6	1872	1984
Mannitol	E 421	50–70	1,5–1,8	1806	1984
Xylitol	E 967	100	2,4–3,0	1891	1984
Erytritol	E 968	60–80	0,2	1852	2003
Hydrogenerte disakkarider					
Isomalt	E 953	45–65	2,0	1973	1984
Maltitol	E 965	80–90	2,1–2,7	1940	1984
Laktitol	E 966	30–40	2,0	1920	1984
Hydrogenerte stivelseshydrolysater					
Sorbitolsirup	E 420	50–60	ikke oppgitt	ikke oppgitt	1984
Polyglycitolirup	E 964	25–50	2,8		2008
Maltitolsirup	E 965	65–85	2,8–3,0	36–53*	1984

¹ E-nummer er et system for merking av tilsetningsstoffer godkjent til bruk innen EU. Identitetsnummeret er internasjonalt, mens E'en er forbeholdt EU/EØS-land.

² Relativ sølthet sammenlignet med 10 % sukrosløsning. Verdier fra ref. 9 og 14.

³ Verdier fra ref. 9, 14 og 18.

⁴ Verdier fra ref. 18.

⁵ Fra ref. 14 og 15.

⁶ Godkjent av tidligere Scientific Committee on Food of the European Commission til 2003 og av European Food Safety Authority (Den europeiske myndighet for mattrygghet) etter 2003.

* Varierer avhengig av bl.a. prosentvis mengde maltitol.

Bruksområder for sukkeralkoholer

Sukkeralkoholene har generelt gode teknologiske egenskaper. De er varmestabile og kan brukes til koking og baking (14, 15). De dekomponerer ikke i sure eller alkaliske miljø (14, 15). Sukkeralkoholene har konsistens og bindeevne og gir fylde/volum ved matlaging og fremstilling av produkter (14, 15). Derfor kalles de ofte «bulk sweeteners» på engelsk.

Sukkeralkoholer brukes i f.eks. tyggegummi, drops, pastiller, sukketter, iskrem, desserter, syltetøy, marmelade, hermetisert frukt, sjokolade, konfekt, geléer, meieriprodukter som yoghurt, kornblandinger, kjeks, bakervarer og i andre sukkerreduerte og prosesserte matvarer (14, 15). De tilsettes også medikamenter i tablettform, hostesaft, vitamintabletter og andre kosttilskudd, tannpasta, munnskyllevæsker og salivasubstitutter (14, 15). Sukkeralkoholene har likevel forskjellige egenskaper, og alle egnert seg ikke like godt til bruk i alle typer produkter (14, 15). De fleste sukkeralkoholene er ikke tillatt brukt i drikkevarer på grunn av den lakserende effekten.

Det er vanlig å bruke flere sukkeralkoholer i kombinasjon for å gi en god søt smak til næringsmidler, og kombinasjoner av sukkeralkoholer og intense søtstoff brukes ofte for å øke søttningsintensiteten og maskere uønskete smaker i produkter (14, 15). Varer som utelukkende søtes med sukkeralkoholer, intense søtstoff eller kombinasjoner av disse kan merkes «sukkerfrie».

De ulike typene sukkeralkoholer

Hydrogenerte monosakkarider

Disse sukkeralkoholene ble oppdaget allerede på 1800-tallet (tabell 1). Sorbitol ble oppdaget i rognebær, og navnet stammer fra slektsnavnet til rogn (sorbus) (14). Sorbitol kalles også D-glucitol i litteraturen. Mannitol finnes i eksudatet til manna-ask, hvor mannitol fikk navnet sitt fra (14). Xylitol er også kjent som bjerkesukker da det som oftest fremstilles kommersielt fra xylose, som utvinnes av hemicellulosen xylan fra blant annet bjerk (figur 1).

Sorbitol og mannitol brukes i de aller fleste matvarekategorier og produkter hvor sukkeralkoholer anvendes (14, 15). Xylitol er også et svært anvendelig søtstoff (14, 15). På verdensbasis brukes det mest i sukkerfri tyggegummi og som oftest sammen med andre sukkeralkoholer og intense søtstoff for å optimalisere søtsmaken (15). De fleste tyggegummier inneholder mindre enn 50 % xylitol, men det finnes tyggegummier på markedet med bare xylitol som søtstoff (15). Erytritol er tilsatt de fleste typer sukkerfrie produkter og sukkerreduerte matvarer (14, 15). Erytritol finnes også kommersielt tilgjengelig som pulver, som kan brukes i tilsvarende mengder som bordsukker ved matlaging.

Noen egenskaper ved de hydrogenerte monosakkaridene er samlet i tabell 2. De gir generelt en god søt smak, men varigheten av søtsmaken varierer noe mellom stoffene. Sorbitol, xylitol og erytritol har det til felles at de gir en kjølede ettersmak (tabell 2). Dette

Tabell 2. Noen egenskaper ved hydrogenerte mono- og disakkarider¹

Navn	Sammensetning	Naturlig forekomst	Egenskaper	Vanlige bruksområder
Sorbitol	6 C-atomer (heksitol) Kjemisk likhet med glukose og fruktose	Tang, tare, flere planter og frukter	lett løselig i vann svært hygroskopisk ² noe kjøleende effekt	Alle typer matvarekategorier og produkter. Sukkerfrie tyggegummi, pastiller, tabletter/drops med peppermyntesmak og sukkerfri sjokolade. Munnpleiemidler.
Mannitol	6 C-atomer (heksitol) Isomer av sorbitol	Eksudatet til noen tresorter, alger, sopp, fiken, oliven, selleri	lite løselig i vann ikke hygroskopisk lite kjøleende effekt	Alle typer matvarekategorier og produkter. Sukkerfrie tyggegummi og søtsaker. Medikamenter i tablettform og vitamintabletter.
Xylitol ³	5 C-atomer (pentitol) Kjemisk likhet med fruktose	De aller fleste planter, frukt, mange bær og grønnsaker	lett løselig i vann noe hygroskopisk uttalt kjøleende effekt	Sukkerfrie tyggegummi og tyggetabletter, især med peppermyntesmak, andre sukkerfrie godterier og sjokolade. Hostesaft og sugetabletter. Vitamin- og fluoridtabletter. Munnpleiemidler.
Erytritol	4 C-atomer (tetriol)	Planter, sopp, frukt, grønnsaker, fermentert mat og drikke ⁴	noe løselig i vann lite hygroskopisk kjøleende effekt	Sukkerfrie tyggegummi, pastiller, sjokolade, andre godterier; medisiner, melkebaserte produkter, bakervarer, drikker uten tilsatt sukker.
Isomalt	12 C-atomer Består av sorbitol og mannitol	Ingen	lite løselig i vann lite hygroskopisk ikke kjøleende effekt	Sukkerfrie harde drops og tyggegummi. Sukkerfri sjokolade hvor kjøleende ettersmak er uønsket.
Maltitol	12 C-atomer Består av sorbitol og glukose	Barken til noen tresorter, sikori, ristet malt	lett løselig i vann lite hygroskopisk ikke kjøleende effekt	Sukkerfrie harde drops, tyggegummi, sjokolade og andre godterier. Matvarer uten tilsatt sukker som iskrem, bakervarer og kornblandinger.
Laktitol	12 C-atomer Består av sorbitol og galaktose	Ingen	lett løselig i vann ikke hygroskopisk lite kjøleende effekt	Medikamenter i tablettform og vitamintabletter. Søtstoff i sjokolade, iskrem og frosne desserter hvor kjøleende ettersmak ikke er ønsket.

¹ Fra ref. 14, 15 og 22.² Hygroskopisk: trekke vann til seg og holde på fuktighet.³ Menneskekroppen produserer daglig 5–15 gram xylitol i leveren som mellomprodukt av vanlig karbohydratmetabolisme.⁴ Soyasaus, miso, bønnepasta, vin, sake.

gjør at de er velegnet i produkter med peppermyntesmak, enten det er tyggegummi, pastiller eller andre godterier (tabell 2). Sorbitol og xylitol er hygroskopiske (tabell 2), og de brukes som fuktighetsbevarende middel i tannpasta, munnskyllevæsker og salivasubstitutter. Sorbitol brukes mye i tannpasta, hvor sorbitolinnholdet kan være så høyt som 30 %. Mannitol egner seg til bruk i medikamenter i tablettform og vitamintabletter, da stoffet ikke er hygroskopisk og gir lite kjøleende ettersmak (tabell 2). Mannitol maskerer da ubehagelige bitre smaker av aktive innholdsstoffer i slike produkter (14, 15). Erytritol er den eneste sukkeralkoholen som er godkjent til bruk i begrensede mengder i energireduerte drikker og drikker uten tilsatt sukker (tabell 2). Begrunnelsen for denne bruksendringen som kom i 2015, var at erytritol demper bismaker av intense søtstoff i drikkene og bidrar til en mer fylldig smaksopplevelse (22). Drikkene smaker dermed bedre og mer lik sukkerholdige drikker (14, 15, 22).

I praksis brukes sukkeralkoholene sjelden alene. De brukes for det meste sammen med hverandre og i kombinasjon med intense søtstoff for å optimalisere søtsmaken og gjøre den mest mulig lik sukrose. Dermed trekkes det fordel av de forskjellige egenskapene

til sukkeralkoholene (tabell 2) ved fremstilling av et produkt, og energiinnholdet og GI vil avhenge av hvilke kombinasjoner av sukkeralkoholer det ferdige produktet inneholder.

Hydrogenerte disakkarider

De hydrogenerte disakkaridene brukes også i de aller fleste matvarekategorier og produkter hvor sukkeralkoholer anvendes, og som oftest i kombinasjon med andre søtstoff. Noen bruksområder er nevnt i tabell 2. Isomalt er den eneste sukkeralkoholen som utvinnes fra sukrose (figur 1). Maltitol utvinnes fra maltose (maltsukker) og laktitol fra laktose (melkesukker) (figur 1). Som laktose har laktitol en relativ lav søtningsgrad, og søtningsgraden tilsvarer bare 30–40 % av sukrosens (tabell 1). Søtningsgraden til maltitol tilsvarer 80–90 % av sukrosens (tabell 1). På grunn av den høye søtningsgraden brukes maltitol også alene som søtstoff i sukkerfri sjokolade, andre godterier og i matvarer uten tilsatt sukker (tabell 2). Maltitol er spesielt godt egnet som søtstoff i sjokolade, og maltitol brukes til å fremstille sukkerfri sjokolade med god smak og lavere fettinnhold enn ved bruk av andre sukkeralkoholer (14, 15).

Den glykemiske indeksen for maltitol er høyere enn for de andre sukkeralkoholene (tabell 1). Etter inntak vil noe maltitol hydrolyseres enzymatisk i tynntarmen til glukose og sorbitol (14, 15, 18). Glukose absorberes i tynntarmen, og sorbitol til en viss grad (14, 15, 18). Ikke-absorbent sorbitol og uspaltet maltitol transporteres videre til tykktarmen og fermenteres av tarmbakterier (14, 15, 18). Absorpsjon av maltitol varierer i stor grad, men beregninger har vist at ca. 45 % av inntatt maltitol blir absorbert i tynntarmen (18).

Hydrogenerte stivelseshydrolysater

Hydrogenerte stivelseshydrolysater, forkortet HSH, er sammensatt i hovedsak av maltitol, sorbitol og høymolekylære sukkeralkoholer. De høymolekylære sukkeralkoholene er hydrogenerte oligosakkarider (3–10 monosakkarider) og hydrogenerte polysakkarider (10 eller flere monosakkarider).

Sorbitolsirup består for det meste av sorbitol (72–92 %) og varierende mengder mannitol og hydrogenerte oligosakkarider (14, 18). Bruksområdet for sorbitolsirup er det samme som for krystallinsk sorbitol (14).

Maltitolsirup inneholder 50–90 % maltitol, små mengder sorbitol (< 8 %) og hydrogenerte oligo- og polysakkarider (14, 18). Bruksområdet for maltitolsirup er det samme som for krystallinsk maltitol (14). I sukkerfrie tyggegummi, pastiller, andre søtsaker og iskrem brukes maltitolsirup med 73–75 % maltitolinnhold alene da denne sirupen har en sterk søt smak som ligner søt smaken av sukkerholdige søtsaker (14).

Polyglycitolirup består av høymolekylære sukkeralkoholer, sorbitol (< 20 %) og en lavere konsentrasjon av maltitol (< 50 %) enn maltitolsirup (15, 18). Polyglycitolirup ble godkjent til bruk som søtstoff i flere matvarekategorier og søtsaker i 2008 (tabell 1), og sirupens bruksområde ble utvidet i 2012. Søttingsgraden er relativ lav (tabell 1), men polyglycitolirup dekker et teknologisk behov. Den gir god fylde og tetthet samt god stabilitet og bindeevne til sukkerfrie eller energireduerte produkter (15).

Sukkeralkoholer er ikke-kariogene

Sukkeralkoholer er ikke-kariogene, og de gir hverken økning eller hemning av dental biofilmdannelse (9, 16, 23, 24). De kan ikke som sukrose fungere som substrat for dannelse av ekstracellulære polysakkarider, som fremmer adhesjon av bakterier til glattflater og påvirker biofilmenes diffusjonsegenskaper (9, 16, 23, 24). De fleste metaboliseres sakte av noen bakterier i dentale biofilmer, deriblant mutans streptokokker og laktobaciller, men pH kommer ikke under en kritisk grense for demineralisering av tannsubstanser (9, 16, 23, 24). Dette illustreres i figur 2 som viser pH-fall og stigning i 7 dager gammel interproksimal biofilm etter munnskylling med su-

krøse, xylitol og sorbitol. Intraoral pH-telemetri ble her brukt til pH-registreringene (se faktaramme for nærmere beskrivelse av metoden) (25, 26).

Sukrose omdannes raskt av dentale biofilmer hovedsakelig til laktat (9, 28), og munnskylling med 10 % sukrosløsning ga et kraftig pH-fall til pH ca. 4,0 (figur 2). I motsetning omsettes sorbitol sakte av et fåtall bakterier til svakere organiske syrer som format, acetat og etanol og mindre mengder laktat, og pH kom ikke lavere enn ca. 6,0 (figur 2). Dette har betydning fordi laktat demineraliserer tannsubstans mye kraftigere enn de andre endeproduktene (9). Xylitol omdannes av svært få orale bakterier og ga ikke pH-fall (figur 2).

FAKTABOKS

Intraoral pH-telemetri

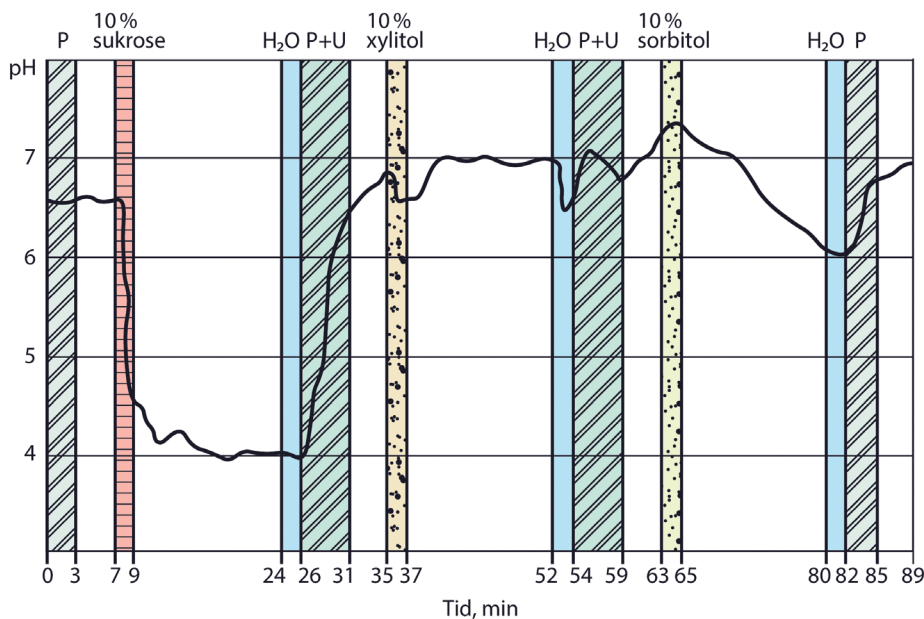
Ved denne metoden festes en pH mikro-glasselektrode i en naturlig tann montert i en partiell protese i underkjeven, og slik at elektroden ligger i kontakt approssimalt med en naturlig tann i tannrekken (25, 26). Før pH-testen utføres, dannes dental biofilm uforstyrret på elektroden og på tannen som elektroden er festet til i 3–7 dager. pH i biofilmen måles telemetrisk før en testperson inntar et testprodukt, og deretter måles pH i biofilmen kontinuerlig telemetrisk under og etter inntak av testproduktet (25, 26). Målingene foretas uten å forstyrre diffusjonen av substratet eller syrene som dannes (25, 26). For å få pH tilbake til nøytrale verdier mellom munnskyllinger med testløsning, tygger testpersonen på parafin og skyller munnen med vann eller urealøsning, som fører til baseproduksjon i dentale biofilmer.

Dette er per i dag den eneste in vivo testen som kan fastslå at et søtstoff, en matvare, et produkt eller en drikk ikke fremmer karies, og metoden er godkjent av EFSA (20). EFSA har godkjent at søtstoff, næringsmidler eller andre produkter som ikke gir pH-fall til pH under 5,7 i dentale biofilmer i løpet av og inntil 30 min etter inntak målt ved intraoral pH-telemetri, kan regnes som ikke-kariogene (20). Godkjenningen gjelder foreløpig til januar 2022 (20). US Food and Drug Administration (FDA) godkjente intraoral pH-telemetri testing til dette formålet allerede i 1996 (27).

Orale effekter av sorbitol og xylitol

Sorbitol

Som nevnt kan de fleste orale mikroorganismer ikke bruke sorbitol som energikilde. Likevel kan de fleste stammer av mutansstreptokokker og laktobaciller fermentere sorbitol, men omsetningen går svært langsomt (figur 2). Både in vitro biofilm studier (29) og kli-



Figur 2. pH-kurver i 7 dager gammel approssimal dental biofilm etter 2-min munnskylling med 10 % sukrose, 10 % xylitol og 10 % sorbitol målt ved intraoral pH-telemetri. P: tygging på parafin i 3 min; H₂O: munnskylling med vann i 2 min; U: munnskylling med urea i 2 min. Fra ref. 25.

niske studier (9, 16, 30) har påvist økning av antallet *Streptococcus mutans* i dentale biofilmer etter hyppige inntak av sorbitol eller munnskyllinger med sorbitol. Det er blitt reist spørsmål ved om økningen av *S. mutans*-tall kan føre til økologiske forandringer i dentale biofilmer i favør av sorbitol-fermenterende bakterier. Disse små økningene i *S. mutans*-tall regnes imidlertid for å være ubetydelige klinisk (9, 16, 30). Det antas heller ikke at orale bakterier kan adaptere til sorbitol i en grad at det har klinisk betydning, dvs. at langvarig eller stadig bruk av sorbitol gjør bakterier i stand til å produsere syrer i tilstrekkelige mengder til å føre til karies (9, 16, 30). Dessuten er enzymene som bryter ned sorbitol og andre sukkeralkoholer som mannitol induserbare, dvs. at enzymene aktiveres bare når substratet er til stede (9, 16, 30). Syntesen av disse enzymene hemmes av glukose, og saliva inneholder alltid små mengder glukose (9, 16, 30). I kliniske studier brukes sorbitol ofte som en positiv kontroll da pH-fallet i dentale biofilmer etter inntak av sorbitol ikke når en pH-verdi som fører til karies.

Xylitol

I motsetning til andre sukkeralkoholer er xylitol også blitt tillagt antikariogene, altså terapeutiske, egenskaper. Disse effektene har vært omstridte helt siden de velkjente «Turku sugar studies» fra 1975. Det er blitt hevdet at xylitol blant annet reduserer adhesjon og vekst av mutansstreptokokker, reduserer mengde dentale biofilmer og syreproduksjon fra sukrose, stimulerer salivasekresjonen samt reduserer utvikling av karies (9, 23, 24). I kliniske studier er imid-

lertid effekten av xylitol ofte blitt sammenlignet med effekten av sukrose. I Turku sugar studies ble mesteparten av sukrose i kosten erstattet med enten fruktose eller xylitol i to år (31). Kariesutvikling i fruktose- og xylitolgruppen ble altså sammenlignet med en kontrollgruppe som konsumerte sukrose. Xylitolgruppen utviklet langt færre karieslesjoner og kaviteter enn fruktose- og sukrosegruppen (31). Den kraftige kariesreduksjonen kan forklares ved nærmest fravær av vanlige sukkerarter i kosten og ikke med spesifikke effekter av xylitol (9).

Flere tyggegummistudier som har vist positive resultater, har på samme vis manglet relevante kontrollgrupper idet effekten av xylitol i tyggegummi er blitt sammenlignet med ikke-tyggende kontrollgrupper (9, 23). Sammenlignet med ikke-tyggende kontrollgrupper er også tygging på tyggegummi med sorbitol eller med sorbitol og xylitol i kombinasjon blitt funnet å redusere karies (9, 23). En slik studiedesign tar ikke hensyn til at tygging per se og selve søtsmaken øker salivasekresjonen vesentlig og dermed reduserer pH-fall i dentale biofilmer etter sukkertilførsel (9, 23). Tygging i seg selv kan også ha en svak biofilmhemmende virkning. Dermed er det ikke mulig å skille mellom eventuelle spesifikke effekter av xylitol og effekter av selve tyggingen. Tvert imot kan både økt salivasekresjon og remineralisering observert i disse studiene tilskrives tygging på sukkerfri tyggegummi (9, 23). Tre daglige munnskyllinger med xylitol eller med xylitol og fluorid i kombinasjon økte ikke salivasekresjonen og reduserte ikke dentale biofilmer, gingivittutvikling, syreproduksjon fra sukrose av biofilmene,

og heller ikke antall streptokokker eller mutansstreptokokker i saliva i forhold til munnskyllinger med vann, noe som tyder på at xylitol per se ikke hadde effekt (32).

Det er blitt publisert langt flere kliniske studier av xylitol enn av andre sukkeralkoholer. Likevel finnes det ikke vitenskapelig basis for å hevde at bruk av xylitol i tannpasta eller andre produkter har kliniske fordeler fremfor sorbitol (9, 23, 24). Det savnes kliniske studier med gode studiedesign og relevante kontroller som kan bekrefte de påståtte effektene av xylitol. Dessuten har relativt få langtidsstudier kariesinsidens og kariesprogresjon som endepunkter. En Cochrane analyse gjennomført i 2014 av kliniske xylitolstudier konkluderte at den vitenskapelige evidensen samlet er av lav til svært lav kvalitet og utilstrekkelig til å kunne fastslå om xylitol kan forebygge karies hos småbarn, barn, ungdom eller voksne (33).

I likhet med xylitol er erytritol blitt funnet å redusere dentale biofilmer og mutans streptokokk-tall i biofilmer og saliva i kliniske studier (9). In vitro studier har vist at orale streptokokker ikke produserer syrer fra erytritol (9). Den kliniske betydningen av disse funnene er usikker, og erytritol klassifiseres tilsvarende de andre sukkeralkoholene som ikke-kariogen (9, 20).

Betydning av sukkeralkoholer for generell helse

Det er særlig den delen av sukkeralkoholene som ikke absorberes i tynntarmen som har effekt på helsen: Som nevnt innledningsvis tas sukkeralkoholene ufullstendig opp i tarmen. De forskjellige sukkeralkoholene passerer i ulik grad ufordøyd ned i tykktarmen der de fermenteres av tarmbakterier til gass og kortkjedete fettsyrer.

Irritabel tarmsyndrom

Det økte trykket på tarmveggen som følge av gass og væske (pga. osmose), gir hos enkelte smertefulle og plagsomme symptomer som kolikksmerter, knip, flatulens og diaré men også forstoppelse. Mange oppsøker lege for disse plagene, og hvis utredningen ikke viser annen underliggende sykdom som f.eks. inflammatorisk tarmsykdom eller coliki, så stilles diagnosen colon irritable eller irritabel tarmsyndrom (irritable bowel syndrome, IBS) som en funksjonell tarmlidelse (34). IBS medfører ikke økt risiko for annen sykdom og er ufarlig, men like fullt påvirker plagene og smertene livskvaliteten til mange av pasientene, og det kan også gi seg utslag i kronisk utmattelse og muskel/skjelettplager. Det er i tillegg sosialt hemmende. Forekomsten av IBS varierer fra land til land men er anslått å ligge et sted mellom 10–20 % av befolkningen. Vi vet ikke hvorfor noen personer har så kraftige reaksjoner på fysiologiske prosesser som finner sted hos alle (35).

Pasienter med IBS kan ha god nytte av å følge en såkalt lav-FODMAP kost (34). FODMAP står for *fermenterbare oligosakkari-*

der, disakkarider, monosakkarider og polyoler og er en fellesbetegnelse for alle de småmolekylære karbohydratene som absorberes ufullstendig i tynntarmen og som fermenteres av bakteriene i tykktarmen. Polyolene, en annen benevnelse for sukkeralkoholene, utelukkes derfor i en lav-FODMAP kost. Mange som har mage-tarmplager er ikke klar over at jevnlig inntak av sukkeralkoholer i form av sukkerfrie tyggegummi, pastiller o.l. kan være årsak til plagene, og mange opplever en markant bedring ved å kutte ut disse matvarene fra kostholdet.

De kortkjedete fettsyrene kan ha mange positive helseeffekter

Selv om sukkeralkoholene kan forårsake mage-tarmplager, så vil nedbrytningsproduktene; de kortkjedete fettsyrene (Short Chain Fatty Acids, SCFA), kunne ha mange positive helseeffekter. De vanligste SCFA; acetat, butyrat og propionat gjenfinnes i avføringen i molarforholdet acetat 60: butyrat 20: propionat 20. Fettsyrene er en viktig kilde til energi både for tarmcellene og i kroppen for øvrig (14, 15, 18). SCFA virker også som signalmolekyler, som stimulerer tarmcellene til produksjon av hormoner. Dyrestudier og noen humanstudier har vist at SCFA stimulerer sekresjon av tarmhormonene GLP-1 og PYY, og disse hormonene hemmer appetitten og bedrer blodsukkerreguleringen både gjennom påvirkning av appetittsenteret i hjernen, ved å hemme magesekktømmingen og stimulere insulinproduksjonen i bukspyttkjertelen (21). SCFA virker i tillegg anti-inflammatorisk, anti-karsinogen og beskytter tarmslimhinnen (21).

I tillegg til å produsere SCFA har tarmbakteriene en rekke andre positive helseeffekter: de lager vitaminer, bekjemper patogene bakterier, påvirker gallesyreomsætningen og barrieren mellom tarmen og blodomløpet. Studier har vist at tarmfloraen hos friske kjenne-tegnes av et mangfold av bakterier og dessuten mye av bakterietyper som lager SCFA, mens det motsatte er tilfelle hos individer med sykdommer som f.eks. inflammatorisk tarmsykdom og diabetes type 2 (21). Fiber og FODMAPS som sukkeralkoholene kan derfor bidra positivt til oppvekst av en sunn og mangfoldig tarmflora og økt dannelse av SCFA. Stoffer som har disse egenskapene kalles med en fellesbetegnelse prebiotika. Vi vet for lite om hvilke bakterier som øker ved inntak av sukkeralkoholer, og selv om det er studier som viser positive effekter av polyoler, så har vi ikke nok kunnskap til å kalle sukkeralkoholer som brukes som søtningstoff, prebiotiske (34).

Avsluttende bemerkninger

Det finnes sukkeralkoholer som er gode erstatninger for sukker i sukkerfrie og sukkerreduerte matvarer og til matlaging. Sukkeralkoholer må inntas i begrensede mengder fordi de kan gi ma-

ge-tarmplager. Erytritol er så langt den eneste sukkeralkoholen som er lite lakserende, og er derfor nylig tatt i bruk i energireduerte drikker og drikker uten tilsatt sukker. Erytritol bidrar til at drikker søtet med intense søtstoff smaker bedre og at drikkene gir økt 'munnfølelse'.

Fettsyrene som dannes ved nedbryting av sukkeralkoholer i tykktarmen kan ha flere positive helseeffekter. For tannhelsen er det først og fremst bruk av sukkeralkoholer i sukkerfrie produkter som vi inntar mellom hovedmåltider som er fordelaktig, enten det er tyggegummi, drops, pastiller eller andre søtsaker.

Sukkeralkoholer brukes sjelden alene i sukkerfrie eller sukkerreduerte matvarer. De kombineres vanligvis med hverandre og med

intense søtstoff for å optimalisere søtsmaken. Sukkeralkoholer bidrar beskjedent med søt smak, men de bidrar med fylde og masse ved fremstilling av sukkerfrie matvarer og andre produkter, og intense søtstoff bidrar med å øke søtningsgraden.

Takk

Tusen takk til Marie Lindeman Johansen, avdelingsingenør ved Det odontologiske fakultet, Universitetet i Oslo for redigering av figurene. Vi takker også Wiley Blackwell, Oxford og S. Karger AG, Basel for tillatelse til å trykke henholdsvis figur 1 og 2.

REFERANSER

1. Sweet, sweeter, intense sweetener? Newsletter of Toothfriendly International. 2009; 2: 6–7.
2. World Health Organization. Guideline: Sugars intake for adults and children. Geneva: World Health Organization; 2015. http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/149782/1/9789241549028_eng.pdf (lest 12.05.2021).
3. NCD Risk Factor Collaboration (NCD-RisC). Worldwide trends in body-mass index, underweight, overweight, and obesity from 1975 to 2016: A pooled analysis of 2416 population-based measurement studies in 128·9 million children, adolescents, and adults. *Lancet*. 2017; 390: 2627–42. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32129-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32129-3)
4. Folkehelseinstituttet. Folkehelse rapporten: Overvekt og fedme i Noreg. Oslo: Folkehelseinstituttet; 2017. <https://www.fhi.no/nettpub/hin/ikke-smittsomme/overvekt-og-fedme/?term=&h=1> (lest 12.05.2021).
5. Consideration of the evidence on childhood obesity for the Commission on Ending Childhood Obesity: Report of the ad hoc working group on science and evidence for ending childhood obesity. Geneva: World Health Organization; 2016. http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/206549/9789241565332_eng.pdf (lest 12.05.2021).
6. Sosial- og helsedirektoratet. Utviklingen i norsk kosthold 2006. (IS-11406). Oslo: Sosial- og helsedirektoratet; 2006.
7. Helsedirektoratet. Utviklingen i norsk kosthold 2019. Matforsyningsstatistikk og forbruksundersøkelser. (IS-2880). Oslo: Helsedirektoratet; 2020. https://www.helsedirektoratet.no/rapporter/utviklingen-i-norsk-kosthold/Utviklingen%20i%20norsk%20kosthold%202019%20%E2%80%93%20norsk%20kosthold%202019%20%E2%80%93%20Fullversjon.pdf/_attachment/inline/bf435664-65a3-4e30-96ed-24e4629807ad:689bbb7710259adfd5f-f46802424938922e0e222/Utviklingen%20i%20norsk%20kosthold%202019%20%E2%80%93%20Fullversjon.pdf (lest 12.05.2021).
8. Zero DT. Sugars – the arch criminal? *Caries Res*. 2004; 38: 277–85. <https://doi.org/10.1159/000077767>
9. van Loveren C, Lingström P. Diet and dental caries. In: Fejerskov O, Nyvad B, Kidd E, editors. *Dental Caries: The disease and its clinical management*. 3rd ed. Oxford: Wiley Blackwell; 2015. p. 133–54.
10. Haugejorden O, Birkeland JM. Karies i Norge i fortid og fremtid: Analyse av endringer og årsaker. *Nor Tannlegeforen Tid*. 2008; 118: 84–90.
11. World Health Organization. *The World Oral Health Report 2003*. Geneva: World Health Organization; 2003. http://www.who.int/oral_health/media/en/orh_report03_en.pdf (lest 12.05.2021).
12. Kassebaum NJ, Bernabé E, Dahiya M, Bhandari B, Murray CJL, Marcenes W. Global burden of untreated caries: A systematic review and metaregression. *J Dent Res*. 2015; 94: 650–8. <https://doi.org/10.1177/0022034515573272>
13. Moynihan PJ, Kelly SAM. Effect on caries of restricting sugars intake: Systematic review to inform WHO guidelines. *J Dent Res*. 2014; 93: 8–18. <https://doi.org/10.1177/0022034513508954>
14. Wilson R. *Sweeteners*. 3rd ed. Oxford: Blackwell; 2007.
15. Nabors LO. *Alternative sweeteners*. 4th ed. Boca Raton: CRC Press; 2012.
16. Guggenheim B. *Health and sugar substitutes*. Proceedings of the ERGOB conference on sugar substitutes 1978. Basel: Karger; 1979.
17. EFSA Panel on Food Additives and Nutrient Sources added to Food (ANS); Guidance for submission for food additive evaluations. *EFSA Journal*. 2012; 10: 2760, 53 pp. doi: 10.2903/j.efsa.2012.2760. <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2012.2760>
18. Livesey G. Health potential of polyols as sugar replacers, with emphasis on low glycaemic properties. *Nutr Res Rev*. 2003; 16: 163–91. <https://doi.org/10.1079/NRR200371>
19. Kolset SO. Glykemisk indeks. *Tidsskr Nor Laegeforen*. 2003; 123: 3218–21.
20. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA); Scientific opinion on the substantiation of health claims related to the sugar replacers xylitol, sorbitol, mannitol, maltitol, lactitol, isomalt, erythritol, D-tagatose, isomaltulose, sucralose and polydextrose and maintenance of tooth mineralisation by decreasing tooth demineralisation (ID 463, 464, 563, 618, 647, 1182, 1591, 2907, 2921, 4300), and reduction of post-prandial glycaemic responses (ID 617, 619, 669, 1590, 1762, 2903, 2908, 2920) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA Journal*. 2011; 9: 2076, 25 pp. doi: 10.2903/j.efsa.2011.2076. <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2011.2076>
21. Allin KH, Nielsen T, Pedersen O. Mechanisms in endocrinology: Gut microbiota in patients with type 2 diabetes mellitus. *Eur J Endocrinol*. 2015; 172: R167–R77. <https://doi.org/10.1530/EJE-14-0874>
22. EFSA ANS Panel (EFSA Panel on Food Additives and Nutrient Sources added to Food). Scientific opinion on the safety of the proposed extension of use of erythritol (E 968) as a food additive. *EFSA Journal*. 2015; 13: 4033, 15 pp. doi: 10.2903/j.efsa.2015.4033. <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.2903/j.efsa.2015.4033>
23. van Loveren C. Sugar alcohols: What is the evidence for caries-preventive and caries-therapeutic effects? *Caries Res*. 2004; 38: 286–93. <https://doi.org/10.1159/000077768>
24. Matsukubo T, Takazoe I. Sucrose substitutes and their role in caries prevention. *Int Dent J*. 2006; 56: 119–30. <https://doi.org/10.1111/j.1875-595x.2006.tb00083.x>
25. Mühlemann HR, Schmid R, Noguchi T, Imfeld T, Hirsch RS. Some dental effects of xylitol under laboratory and in vivo conditions. *Caries Res*. 1977; 11: 263–76. <https://doi.org/10.1159/000260278>
26. Imfeld TN. Identification of low caries risk dietary components. In: Myers HM, editor. *Monographs in Oral Science*. Basel: Karger. 1983; 11: 1–198.
27. Food and Drug Administration (FDA). Food labeling: Health claims; sugar alcohols and dental caries. Federal Register (FR). 1996; 61: 43433–47. <https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/FR-1996-08-23/pdf/FR-1996-08-23.pdf> (lest 12.05.2021).

28. Geddes DAM. Acids produced by human dental plaque metabolism in situ. *Caries Res.* 1975; 9: 98–109. <https://doi.org/10.1159/000260149>
29. Giertsen E, Arthur RA, Guggenheim B. Effects of xylitol on survival of mutans streptococci in mixed-six-species in vitro biofilms modelling supragingival plaque. *Caries Res.* 2011; 45: 31–9. <https://doi.org/10.1159/000322646>
30. Bowen WH. Clinical relevance of adaptation to sorbitol by plaque bacteria: A review. *J Clin Dent.* 1996; 7: 1–5.
31. Scheinin A, Mäkinen KK, Ylitalo K. Turku sugar studies. V. Final report on the effect of sucrose, fructose and xylitol diets on the caries incidence in man. *Acta Odontol Scand.* 1975; 33 (suppl 70): 67–104. <https://doi.org/10.3109/00016357608997711>
32. Giertsen E, Emberland H, Scheie AA. Effects of mouth rinses with xylitol and fluoride on dental plaque and saliva. *Caries Res.* 1999; 33: 23–31. <https://doi.org/10.1159/000016492>
33. Riley P, Moore D, Ahmed F, Sharif MO, Worthington HV. Xylitol-containing products for preventing dental caries in children and adults. *Cochrane Database Syst Rev.* 2015; 3: CD010743. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD010743.pub2>
34. Lenhart A, Chey WD. A systematic review of the effects of polyols on gastrointestinal health and irritable bowel syndrome. *Adv Nutr.* 2017; 8: 587–96. <https://doi.org/10.3945/an.117.015560>
35. Lovell RM, Ford AC. Global prevalence of and risk factors for irritable bowel syndrome: A meta-analysis. *Clin Gastroenterol Hepatol.* 2012; 10: 712–21.e4. <https://doi.org/10.1016/j.cgh.2012.02.029>

ENGLISH SUMMARY

Giertsen E, Bakken TB, Bergesen GH, Aas A-M.

Sugar substitutes: Properties, use, safety aspects and health effects– Part 1: Sugar alcohols

Nor Tannlegeforen Tid. 2021; 131: 690-700.

Weight gain and obesity are major health concerns, and the principal driving force for developing new sweeteners is to substitute sugar with low-calorie replacements. Twenty-one sugar substitutes are approved as food additives in Norway. They must undergo safety assessments before use in sugar-free or sugar-reduced products (table sweeteners, foods, drinks, medications, dietary supplements, and oral hygiene products). Sweeteners are categorized into two main categories: sugar alcohols that contain energy but less than sugar and also have a weaker sweetening taste, and low-calorie intense sweeteners. This article focuses on sugar alcohols; their composition, properties, use, metabolism, oral and general health effects. Sugar alcohols are non-cariogenic and re-

commended for use in sugar-free products consumed between meals, particularly by people with high caries activity or risk, to reduce the frequency of cariogenic acid attack on dentition. Most sugar alcohols are not permitted for use as sweeteners in beverages. Sugar alcohols are only partially absorbed in the small intestine. Gas-forming bacterial fermentation of unabsorbed sugar alcohols in the colon may cause gastrointestinal distress, which is why low FODMAP diets for patients with irritable bowel syndrome exclude sugar alcohols. However, short-chain fatty acids produced in the colon from sugar alcohols may exert beneficial health effects, though to date sugar alcohols have not been classified as prebiotics.