



HAL
open science

Des saveurs aux récepteurs

Elodie Maitrepierre, Maud Sigoillot, Loïc Briand

► **To cite this version:**

Elodie Maitrepierre, Maud Sigoillot, Loïc Briand. Des saveurs aux récepteurs. *Biofutur*, 2011, 30 (320), pp.24-27. hal-01137031

HAL Id: hal-01137031

<https://hal.science/hal-01137031v1>

Submitted on 30 Mar 2015

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

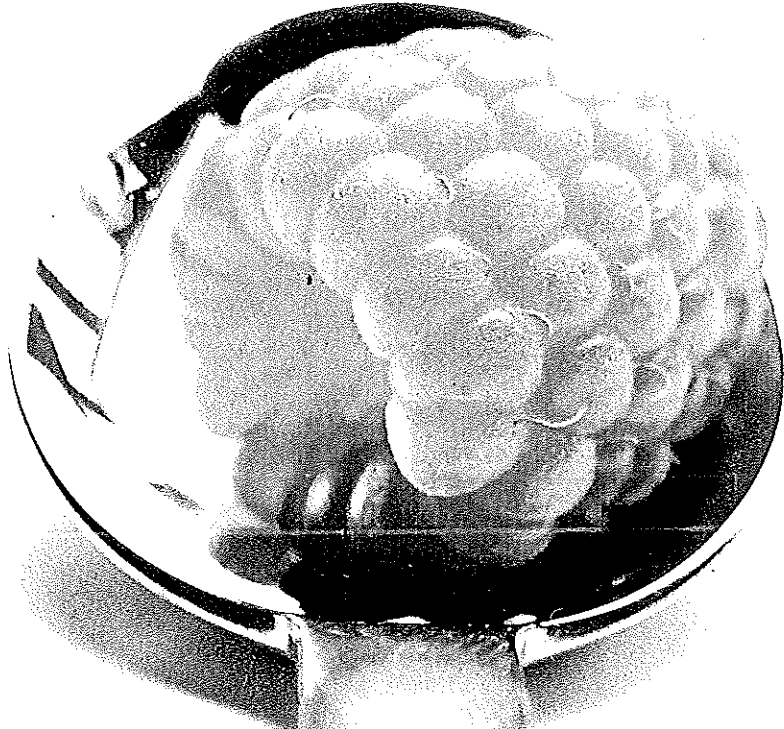
Biofutur

www.biofutur.com

Biofutur

LE MENSUEL EUROPÉEN DE BIOTECHNOLOGIE

N° 320



LES SCIENCES DU GOÛT

AVRIL 2011

M 01050 - 320 - F: 10,00 €



Aveuglement des agences sanitaires - *Business angels* - Soigner par les plantes - Brevets et cellules souches - AdebioTech - La nouvelle frontière chinoise - Programme « Retour post-docs »...

LES SCIENCES du goût



D'où vient le goût ? Comment est-il perçu ? Et comment est-il traduit par notre cerveau ? Le goût évolue-t-il au cours de la vie ? Autant de questions dont vous trouverez la réponse dans ce dossier très ou goût du jour.

Papille linguale
en microscopie
électronique
à balayage

Des saveurs aux récepteurs

De nombreux sens régissent notre comportement alimentaire. Parmi eux, la gustation joue un rôle déterminant pour orienter nos choix culinaires. Elle nous est familière et pourtant, elle constitue un des sens les plus complexes. Depuis une dizaine d'années, de notables progrès ont été réalisés dans sa connaissance, depuis la découverte des récepteurs gustatifs jusqu'à l'identification d'un polymorphisme interindividuel.

Élodie Maîtreperre, Maud Sigoillot, Loïc Briand

Centre des sciences
du goût et de l'alimentation,
UMR 6265 CNRS,
UMR 1324 Inra
Université de Bourgogne,
21000 Dijon
loic.briand@dijon.inra.fr

Le sens du goût est un système chimiosensoriel spécialisé dédié à l'évaluation du contenu nutritif des aliments. La détection des molécules sucrées et des acides aminés permet d'identifier des nutriments riches en énergie. À l'inverse, la perception de l'amertume génère des comportements alimentaires aversifs. Grâce à elle, nous évitons les composés toxiques, tels la strychnine ou d'autres alcaloïdes végétaux. Détecter le goût salé est également de première importance pour maintenir l'homéostasie hydrominérale. Il est en effet capital de trouver du sodium dans l'environnement car nos organismes en perdent constamment lors de processus excrétoires et sécrétoires (urine

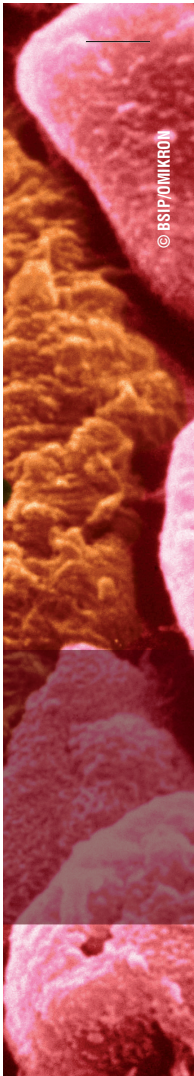
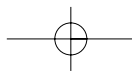
et transpiration principalement). Quant à l'acidité, elle est un indicateur de la maturité et du degré de fermentation des fruits. La détecter permet de protéger l'organisme contre une consommation d'acides très concentrés qui pourraient endommager les tissus et la dentition. Enfin, le goût comprend une composante essentielle à l'être humain : le plaisir de manger des aliments aux saveurs variées.

La connaissance des mécanismes moléculaire et cellulaire de la perception gustative a fortement progressé au cours de la dernière décennie. Les principaux récepteurs impliqués dans la gustation ont été identifiés et des analyses génétiques ont révélé que

notre patrimoine génétique peut partiellement expliquer nos choix alimentaires.

Séparer le goût et l'odeur

Ce que nous appelons communément le « goût » désigne en réalité la flaveur. Celle-ci regroupe de multiples informations sensorielles, activées lors de la mastication, qui jouent un rôle déterminant dans la perception des aliments. Les molécules sapides sont solubilisées dans la salive et stimulent les papilles de la langue. Les molécules odorantes volatiles remontent quant à elles vers la cavité nasale par l'arrière du voile du palais où elles sont détectées



© BSI/OMIKRON

par les neurones olfactifs. On parle de perception olfactive rétronasale. À ces informations s'en ajoutent d'autres, véhiculées par le nerf trijumeau, qui renseignent sur les propriétés physico-chimiques de l'aliment : texture, température, caractère piquant ou frais... Il s'agit de la perception trigéminal. Le rôle de l'olfaction dans l'évaluation sensorielle des aliments en bouche est souvent sous évalué. Chacun de nous prend conscience de son importance lors d'un simple rhume. Le mucus produit en abondance empêche alors les molécules odorantes de stimuler l'épithélium olfactif, supprimant une composante essentielle de la saveur : l'odeur. Nous pensons perdre le « goût » des aliments quand nous n'en perdons que la sensation olfactive. Or, d'un point de vue physiologique, le goût correspond uniquement à l'information perçue par les papilles gustatives.

L'homme et les animaux sont capables de percevoir différentes saveurs dites « fondamentales » : l'acide, l'amer, le salé, le sucré et une cinquième, proposée en 1908 par le chimiste Kikunae Ikeda, l'umami (« délicieux » en japonais), principalement générée par un acide aminé, le L-glutamate (1,2). Mais en réalité, le goût est un sens bien plus complexe qui ne se résume pas à la combinaison de cinq saveurs. D'autres, telles que le goût du gras, le goût métallique, le goût piquant (moutarde, piment, dioxyde de carbone) ou frais (menthe) et l'astringence (airelles, thé, tanins), sont aussi importantes et ne rentrent pas dans cette classification.

Comment la langue détecte les saveurs

La saveur d'un aliment est perçue par les cellules sensorielles des bourgeons gustatifs localisés sur la langue et le voile du palais principalement (figure p. 28). Au nombre de 8 000 à 10 000, ces bourgeons sont des petits amas sphériques en forme d'oignons qui contiennent entre 50 et 100 cellules gustatives chacun (3), lesquelles possèdent des détecteurs à leur surface activés par les substances sapides. S'ensuit une dépolarisation membranaire conduisant à la libération d'ATP qui joue le rôle de neurotransmetteur entre les cellules gustatives et les neurones situés à leur base. Une fois activés, ces derniers propagent leurs signaux vers plusieurs

relais (bulbe rachidien, mésencéphale, thalamus...) jusqu'au cortex cérébral. Les récepteurs situés à la surface des cellules gustatives sont les premiers acteurs de la reconnaissance de la saveur. On en distingue deux grands types (figure ci-dessous) : les canaux ioniques, qui permettent la détection des composés salés et acides, et les récepteurs couplés aux protéines G (RCPG), dont l'activation assure la perception du sucré, de l'amer et de l'umami.

L'acide et le salé

Le goût salé est principalement élicité par les ions sodium (Na^+), mais d'autres composés, comme les sels de lithium ou de potassium, peuvent être perçus comme salés. Les détecteurs du goût salé ne sont pas encore bien connus. Deux canaux ioniques ont été proposés pour sa perception, via l'entrée de sodium dans la cellule (4). Le premier est un canal sélectif aux ions Na^+ appelé canal au sodium épithélial (ENaC). Il possède une forte sensibilité à l'amiloride, un composé diurétique dérivé de la guanine. Le second est un variant du canal *Transient Receptor Potential V1* (TRPV1), qui est un canal cationique non sélectif impliqué dans la détection d'une variété de sels. Quel que soit le mécanisme d'entrée dans la cellule gustative, l'accumulation d'ions Na^+ provoque une dépolarisation de la membrane à l'origine de la libération de neurotransmetteurs.

La perception de l'acidité est quant à elle directement liée à la détection des protons (H^+). Bien que l'identité des récepteurs impliqués n'ait pas été

formellement établie, quelques canaux ioniques sont considérés comme de sérieux candidats. Citons le canal ionique sensible à l'acide de type 2, *Acid-Sensing Ion Channel* (ASIC2), et les canaux *Hyperpolarization-activated Cyclic Nucleotide-gated channels* (HCN).

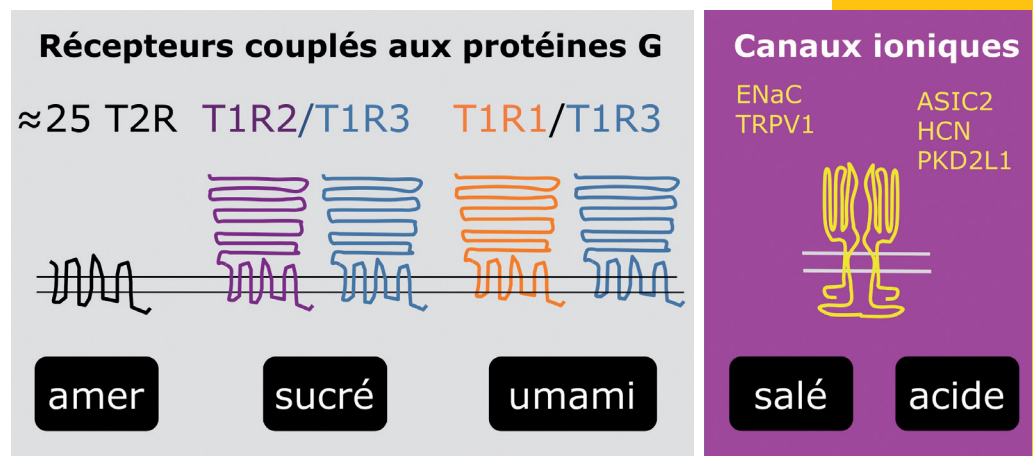
Récemment, il a été montré qu'un membre de la famille des canaux TRP appelé *Polycystic Kidney Disease-Like PKD2L1* joue aussi un rôle dans la détection des composés acides (5). Par ailleurs, un autre mécanisme perceptif a été proposé, selon lequel les acides non dissociés passeraient directement à travers la membrane plasmique et diminueraient ainsi le pH intracellulaire. Cette baisse de pH provoquerait la dépolarisation de la cellule, entraînant la libération de calcium intracellulaire et, in fine, la libération du neurotransmetteur.

L'amer

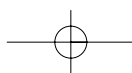
La capacité à percevoir et éviter les molécules amères relève d'un mécanisme ancestral préventif contre l'ingestion d'aliments toxiques. Il existe un grand nombre de molécules amères très diverses en termes de taille et de structure chimique, comme la quinine, la caféine et certains peptides. Elles sont détectées par une famille de récepteurs découverte au début des années 2000, nommée T2R (*Taste Receptor type 2*) (6,7). Le nombre de gènes codant les T2R varie selon les espèces. On en dénombre seulement 3 chez le poulet contre 50 chez les amphibiens par exemple. L'homme quant à lui en compte 25. Des études d'expression fonctionnelle ont montré que les récepteurs T2R humains

Les récepteurs gustatifs impliqués dans la perception des différentes saveurs

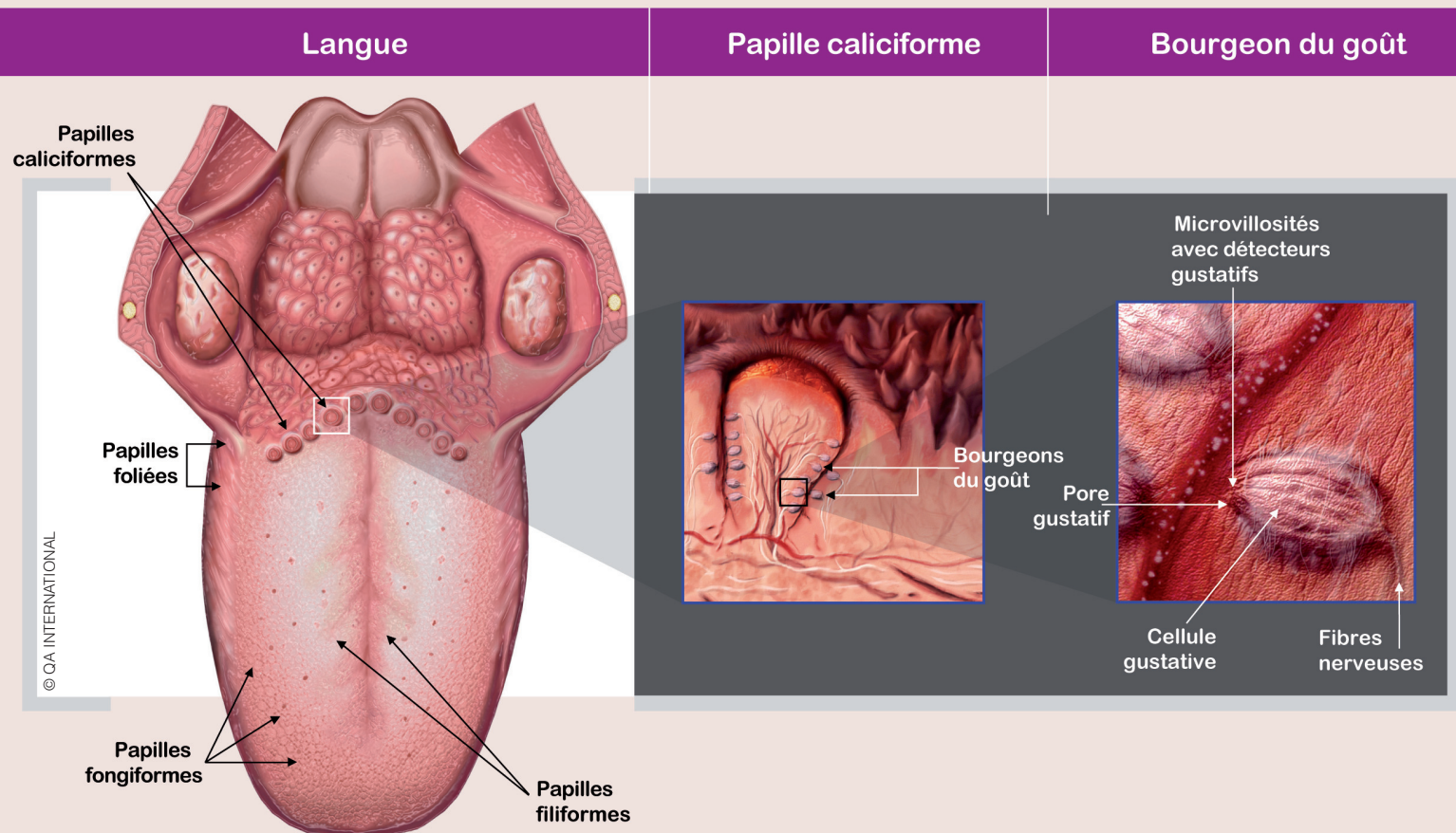
Alors que le salé et l'acide sont perçus par des canaux ioniques, l'amer, le sucré et l'umami sont détectés par des récepteurs couplés à des protéines G.



- (1) Breslin PA, Spector AC (2008) *Curr Biol* 18, R148-55
- (2) Chandrashekar J *et al.* (2006) *Nature* 444, 288-94
- (3) Lindemann B (2001) *Nature* 413, 219-25
- (4) Vandenbeuch A *et al.* (2008) *BMC Neurosci* 9,1
- (5) Huang AL *et al.* (2006) *Nature* 442, 934-8
- (6) Adler E *et al.* (2000) *Cell* 100, 693-702
- (7) Matsunami H *et al.* (2000) *Nature* 404, 601-4



Dossier Les sciences du goût



La langue est recouverte de quatre types de papilles gustatives : les papilles caliciformes, les papilles foliées, les papilles fongiformes et les papilles filiformes. Seules les trois premières contiennent des bourgeons gustatifs. Les bourgeons renferment des cellules sensorielles dont les microvillosités affleurant par le pore gustatif portent les détecteurs du goût.

- (8) Meyerhof W (2005) *Rev Physiol Biochem Pharmacol* 154, 37-72
 (9) Nelson G *et al.* (2002) *Cell* 106, 381-90
 (10) Li X *et al.* (2002) *Proc Natl Acad Sci USA* 99, 4692-6
 (11) Xu H *et al.* (2004) *Proc Natl Acad Sci USA* 101, 14258-63
 (12) Raliou M *et al.* (2009) *Neurosci Lett* 451, 217-21

détectent une gamme plus ou moins étendue de composés amers avec une haute affinité (8). Des expériences de colocalisation ont également mis en évidence la co-expression de nombreux T2R dans les mêmes cellules gustatives. Ces observations expliquent en partie la très faible discrimination des goûts des différentes molécules amères. La stimulation de ces récepteurs active les protéines G qui leur sont associées. Deux voies de signalisation sont alors mises en jeu, celle de l'AMPC (adénosine monophosphate cyclique) et celle de l'IP₃ (inositol triphosphate), qui conduisent à la dépolarisation de la cellule.

Le sucré et l'umami

L'analyse génétique de souches de souris présentant des capacités différentes à percevoir le sucré a permis la découverte du récepteur dédié à la saveur sucrée chez la souris puis chez l'homme (9). Il a ainsi été montré que ce récepteur perçoit à lui seul la très grande diversité chimique des molécules sucrées (sucres naturels et

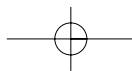
édulcorants de synthèse). Il s'agit d'un hétérodimère constitué de sous-unités nommées T1R2 et T1R3. Le récepteur à l'umami, lui, est formé de l'hétérodimère T1R1/T1R3 (10). Si le rôle fonctionnel de T1R3 n'est pas encore clairement défini, des travaux ont montré que cette unité est capable de lier des sucres naturels et certains édulcorants (11).

L'umami correspond à la sensation générée par certains acides aminés, tels que le L-glutamate (L-Glu) et le L-aspartate. Le goût du L-Glu est augmenté de manière drastique par l'ajout de faibles quantités de certains ribonucléotides (inosine monophosphate et guanosine monophosphate). Ce phénomène de synergie est caractéristique de l'umami. Cette saveur révèle la présence d'aliments riches en protéines, comme le parmesan, la viande, le poisson et certains légumes dont la tomate. Le L-Glu est couramment utilisé dans l'industrie agro-alimentaire sous forme de glutamate monosodique, comme exhausteur de goût.

Tous égaux en goût ?

Il a été observé depuis longtemps que la perception du goût varie énormément d'un individu à un autre mais aussi d'une population à une autre. De nombreuses données psychophysiques montrent ainsi des différences de seuil de perception très importantes parmi les sujets humains. Pour le saccharose par exemple, les seuils de perception varient d'un facteur 10 dans l'ensemble de la population française. Il faut souligner que les seuils de perception des différents composés sapides testés sont indépendants les uns des autres. Par exemple, un individu peut être sensible à un composé sucré et ne pas percevoir un composé amer particulier.

Des travaux récents montrent que des hypoguesies (baisse de la sensibilité gustative, lire p. 44) sont corrélées à des mutations génétiques qui affectent les récepteurs et abaissent leur capacité à détecter les composés sapides (12). Quant aux aguesies (perte totale de



u goût

la sensibilité gustative), elles peuvent résulter d'une invalidation du récepteur impliqué dans le goût. Ainsi, les félinés, comme les chats, ont perdu la sous-unité T1R2, ce qui les rend agueusiques au goût sucré. Chez la souris, un polymorphisme du gène codant l'une des sous-unités du récepteur au goût sucré a été associé à une préférence pour la saccharine (13). Chez l'homme, un polymorphisme génétique a été clairement mis en évidence pour la perception de certaines molécules amères ou umami. Un des meilleurs exemples est sans doute le phénylthiocarbamide (PTC), dont le goût amer n'est pas perçu par une grande partie de la population. Cette différence de perception gustative a été identifiée, dès les années 1940, comme un caractère héréditaire. En 2003, il a été montré qu'un gène

codant un récepteur au goût amer localisé sur le chromosome 7 en est responsable (14). Deux formes majeures de ce récepteur, différant par trois acides aminés seulement, ont été associées à cette distribution de perception. Ces travaux ont de plus révélé une différence de répartition de ces allèles selon les populations. Environ 50 % des Européens sont insensibles au PTC contre 30 % des Asiatiques et seulement 1,4 % des indiens Papago d'Amazonie. Ce type de variations génétiques peut avoir un impact sur notre régime alimentaire. Il a en effet été montré récemment que la consommation de légumes chez les collégiens est corrélée à un polymorphisme génétique du récepteur à l'amertume TAS2R38 (15). La grande diversité génétique interindividuelle des récepteurs

gustatifs est à l'origine de différences de perception sensorielle des aliments. Elle peut donc expliquer les différents comportements alimentaires des individus et avoir un impact important sur leur état nutritionnel. Ainsi, une étude récente a montré qu'il existait une corrélation entre un polymorphisme de T1R2 et la consommation de sucre au sein d'une population d'individus obèses (16). De même, la variabilité des perceptions gustatives est un paramètre que l'industrie agro-alimentaire tend à prendre en compte pour développer des produits ciblant des populations spécifiques (lire p. 48). À cette variabilité génétique s'ajoute une variabilité culturelle qui se met en place dès le plus jeune âge, liée à l'exposition et à l'apprentissage. ●

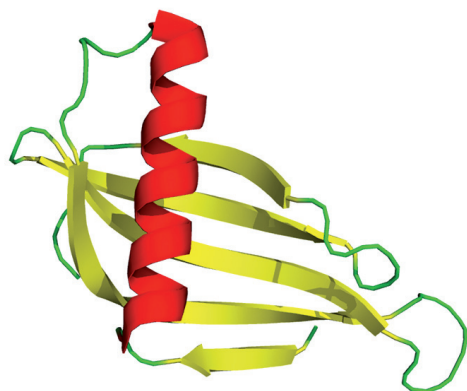
- (13) Reed DR *et al.* (2004) *J Neurosci* 24, 938-46
 (14) Kim UK *et al.* (2003) *Science* 299, 1221-5
 (15) Duffy VB *et al.* (2010) *Chemosens Percept* 3, 137-48
 (16) Eny KM *et al.* (2010) *Am J Clin Nutr* 92, 1501-10
 (17) Kant R (2005) *Nutr J* 4, 5

Fibres
nerveuses

© BSIP/ANATOMICAL TRAVELOG.

ormes. Seules les
ustatif portent les

Des protéines végétales au goût sucré

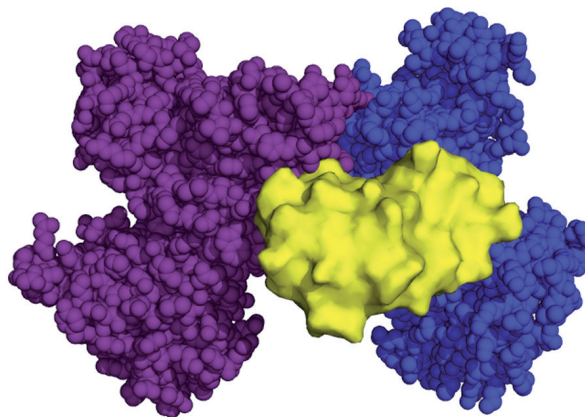


© L. BRIAND

Structure tridimensionnelle de la monelline, une des sept protéines sucrées connues à ce jour

Pour l'heure, on dénombre sept protéines sucrées (17). Celles-ci ne sont perçues que par les singes du Vieux monde* et les primates supérieurs dont l'être humain. Exception faite du lysozyme (contenu dans le blanc d'œuf) qui est faiblement sucré, toutes sont d'origine végétale et possèdent un fort pouvoir sucrant. Elles sont environ 500 à 3 000 fois plus sucrées que le saccharose. Ces protéines apparaissent donc très prometteuses pour l'industrie agroalimentaire comme édulcorants naturels à faible teneur en calories.

Parmi les plus connues figure la thaumatine, qui provient de la plante africaine *Thaumatococcus danielli Benth.* Cette protéine est déjà autorisée comme édulcorant dans de nombreux pays. La néoculine, protéine présente dans les fruits de la plante asiatique *Curculigo latifolia*, possède la particularité d'avoir un faible pouvoir sucrant à pH neutre, qui est fortement augmenté sous l'effet de l'acidité. La brazzéine et la monelline, qui proviennent des plantes africaines



Modèle d'interaction de la monelline (en jaune) avec les domaines N-terminaux des sous-unités T1R2 (en violet) et T1R3 (en bleu) du récepteur au goût sucré

Pentadiplandra brazzeana Baillon et *Dioscoreophyllum cumminsii Diels*, présentent une thermostabilité et une résistance aux variations de pH, deux propriétés intéressantes en vue d'applications agro-industrielles. Notons que toutes ces protéines sucrées ne partagent aucune homologie de séquence ou de structure.

Il existe enfin deux autres protéines végétales sucrées découvertes dans les années 1980, la mabinline et la pentadine qui proviennent des plantes *Capparis masakai Levl* et *P. brazzeana Baillon*, mais dont les propriétés sucrantes ont été peu étudiées. Les mécanismes de fixation de ces différentes protéines au récepteur au goût sucré T1R2/T1R3 sont complexes et restent largement méconnus. Cependant, la demande des consommateurs pour des édulcorants d'origine naturelle suscite un regain d'intérêt pour ces protéines.

* Ou *Cercopithecidae*, groupe de primates indigène à l'Afrique et l'Asie comme le babouin et le macaque.

