La vie augmente, mais l'industrie de l'alimentation réussit à garder certains produits à un prix plancher. Quels sont les ingrédients de ce tour de passe-passe?

LES RECETTES MAGIQUES DE LA BOUFFE LOW COST

Par **Estelle Spoto**

Quand un prestidigitateur découpe une femme en deux, on sait qu'il y a un truc. Mais il ne laissera jamais personne approcher de sa boîte, ni en examiner l'intérieur. Avec l'industrie agroalimentaire, c'est un peu la même chose: on sait qu'il n'est pas tout à fait normal de pouvoir acheter un yaourt à la fraise à moins de 2 euros le kilo, mais comment savoir où est l'astuce? Pour plonger au fond du chapeau, il faut trouver les bons interlocuteurs et se raccrocher à ses quelques souvenirs des cours de chimie et de physique. Débusquage du lapin blanc en trois ingrédients phares. •••



ILLUSTRATIONS RÉALISÉES PAR UNE INTELLIGENCE ARTIFICIELLE (CHATGPT®) - CRÉDIT: ROULARTA MEDIA GROUP



L'amidon, épaississant miracle de la cuisine, commence à poser problème lorsqu'on passe à l'échelle industrielle.



1. Les amidons modifiés

Pour expliquer ce qu'est l'amidon, Hervé This, physico-chimiste français fin connaisseur des procédés culinaires et cofondateur, à la fin des années 1980, de la gastronomie moléculaire, se réfère à une expérience menée en 1759 par un chimiste alsacien, Johannes Kesselmeyer: «Vous prenez de la farine de blé, vous y ajoutez un peu d'eau et vous tripatouillez. Vous obtenez alors une boule de pâte qui devient de plus en plus dure au fur et à mesure que vous la travaillez. Si vous mettez cette boule de pâte dans un saladier rempli d'eau et agitez doucement tout en gardant la boule, vous verrez une poudre blanche s'en aller. Il vous reste finalement entre les mains une matière élastique jaune: le gluten. Et la poudre blanche qui sédimente, c'est l'amidon.»

Ce glucide présent dans le blé, la pomme de terre mais aussi le maïs, les pois protéagineux, l'orge, le riz, la patate douce ou le manioc, se compose d'amylose et d'amylopectine. «A chaud, les grains d'amidon perdent leurs molécules d'amylose, qui partent dans l'eau, explique Hervé This. L'eau entre alors dans les grains, qui gonflent, jusqu'à se toucher, et l'ensemble ne peut plus bouger. C'est une des façons de lier une sauce, la sauce blanche par exemple.»

Bassine de 1.000 litres

L'amidon, épaississant miracle de la cuisine, commence à poser problème lorsqu'on passe à l'échelle industrielle, qui permet certes une optimisation économique globale, mais impose des chaînes de production et de conservation hypercontraignantes. «L'industrie alimentaire, dont les produits doivent être stables, est obligée de trouver des moyens de mettre à la disposition du public ce qu'il demande, souligne Hervé This. Si vous mettez votre sauce blanche au frigo, le lendemain, des gouttes d'eau auront perlé dessus. Et si vous la laissez pendant une semaine et que vous la mangez, vous serez intoxiqué. Quand vous faites une petite casserole de sauce blanche, vous la mélangez. Mais quand vous avez une bassine de 1.000 litres, vous faites comment? Il faut trouver des solutions techniques. Les amidons modifiés en sont une.»

Il existe plusieurs manières de modifier l'amidon. Parmi les amidons modifiés, désignés par un numéro commençant par E14 suivi de deux chiffres, seuls les amidons modifiés chimiquement sont considérés comme des additifs. Il en existe 12 autorisés dans l'Union européenne: E1404, E1410, E1412, E1413, E1414, E1420, E1422, E1440, E1442, E1450, E1451 et E1452. On les trouve dans des milliers de produits industriels (22.383 produits recensés sur le site openfoodfacts.org): sauces tomate, soupes, crèmes dessert, biscuits, cassoulet en boîte, moutarde, yaourts, filets de maquereaux en sauce, boissons énergisantes, viande panée, crème, pains de mie et même raviers de carottes râpées...

Plus résistants

En fonction du résultat que l'on veut obtenir, les amidons modifiés sont traités pour devenir soit plus solubles, soit plus stables et éviter ce qu'on appelle «la synérèse». «Les molécules d'amylose de l'amidon ne sont pas solubles dans l'eau froide, mais dans l'eau chaude, précise Hervé This. Si votre sauce blanche refroidit, les molécules d'amylose vont se réassocier et former des espèces de cristaux. Et en se contractant, l'eau va suinter à la surface. C'est la synérèse. Et il est hors de question d'en avoir dans un produit industriel.» Dans ce cas, on utilisera des amidons stabilisés (comme l'amidon acétylé, E1420, utilisé en particulier dans les aliments surgelés) ou réticulés (comme le phosphate de diamidon, E1412), ou les deux, réticulés et stabilisés (comme le phosphate de diamidon hydroxypropylé, E1442, obtenu par traitement avec du trichlorure de phosphoryle et de l'oxyde de propylène). En ajoutant, par voie chimique, des liaisons entre les molécules, on obtient des amidons plus résistants aux changements de température, aux contraintes physiques et à l'acidité. «C'est comme utiliser de l'acide citrique pour acidifier une préparation trop sucrée, plutôt que d'utiliser des citrons, qu'il faudrait faire venir de très loin, couper en deux, presser, dont il faudrait filtrer les pépins... conclut Hervé This. C'est simplement plus pratique.»

2. Les arômes artificiels

L'astuce est dans l'énoncé. «Arôme» tout court, sur une étiquette, c'est «arômes artificiels», éclaire Marie-Laure Fauconnier, formée comme bioingénieure à Gembloux Agro-Bio Tech, où elle enseigne notamment la chimie organique et l'analyse d'arômes et dont elle est aujourd'hui doyenne. Les arômes artificiels sont nés avec le développement de la chimie de synthèse, après la Première Guerre mondiale. «Au fur et à mesure des synthèses, on s'est rendu compte qu'on pouvait obtenir des molécules tout à fait identiques aux molécules naturelles, mais par des voies beaucoup plus rapides, pour produire à plus grande échelle. On a aussi pu mettre en évidence de nouvelles molécules, qui n'existaient pas dans la nature et qui présentaient des profils aromatiques intéressants.» Et de prendre l'exemple de la vanilline et de l'éthylvanilline: «On trouve la vanilline dans la gousse de vanille, dont on l'extrait. L'éthylvanilline, elle, est une molécule très proche de la vanilline, mais qu'on ne trouve pas dans la nature et que l'on synthétise en laboratoire. La vanilline se synthétise elle aussi facilement, mais l'éthylvanilline présente un seuil de perception plus bas: on la perçoit beaucoup plus facilement et donc il faut en mettre moins.»

Découvertes fortuites

La chimie des arômes de synthèse est une discipline pleine de surprises. Dans un article intitulé *Is It Possible to Predict the Odor of a Molecule on the Basis of its Structure?* (1), Marie-Laure Fauconnier démontre que des molécules très différentes peuvent se ressembler au niveau olfactif et qu'a contrario, des molécules quasiment semblables pourront présenter des odeurs très éloignées. «Il y a 50 ou 60 ans, on jouait un peu à l'apprenti chimiste: on synthétisait, ça sentait bon, ça n'avait pas l'air trop toxique et on l'intégrait dans l'alimentation. Aujourd'hui, il y a vraiment une liste de molécules autorisées. On ne peut pas mettre ce qu'on veut dans un arôme.»

Il y a la loi, et puis, il y a les goûts des consommateurs, où la tendance actuelle va plutôt vers le naturel: «A part dans les gammes plus fun, comme les boissons ou les chips, les gens recherchent du naturel ou des molécules identiques au naturel. L'industrie essaie alors d'aromatiser les produits avec des extraits, des jus, des huiles essentielles, pour avoir une étiquette la plus simple possible, et éviter le terme «arôme». C'est une question de marché, il n'y a pas de secret.»

A la banane

Reste qu'au-delà des tendances, entre l'arôme naturel et sa version de synthèse, il y a une différence de prix. «Pour exactement la même molécule, celle qui est d'origine synthétique revient beaucoup moins cher, souligne la spécialiste. Parce que quand on extrait une molécule naturelle d'un fruit ou d'une plante, il y en a très peu et on extrait plein d'autres choses en même temps, il y a donc beaucoup de pertes. Alors que ces petites molécules simples sont très faciles à faire en laboratoire.»

Mais avec quoi, au juste? Quels sont les ingrédients de base? Par exemple, pour produire l'acétate d'isoamyle, la version synthétique de l'arôme de banane? «L'acétate d'isoamyle est un ester. Donc, on va prendre un acide et un alcool et puis, faire une réaction, la plupart du temps en milieu acide. C'est tout bête: c'est une molécule en deux morceaux et on associe les deux morceaux. Dans une synthèse chimique, les réactifs sont issus de la pétrochimie, mais en *food grade*: ils seront de qualité alimentaire. Pour l'acétate d'isoamyle, on associe de l'alcool isoamylique et de l'acide acétique. On les mélange en milieu acide, par exemple avec de l'acide sulfurique. Ça réagit, les molécules s'accrochent et, à la fin, vous avez votre ester.» En l'occurrence, un ester qui sent la banane.

Composition

Mais un arôme se résume rarement à une seule molécule: la plupart du temps, c'est un mélange, dans des proportions bien définies. «Dans un arôme de framboise, on aura par exemple des notes de chou, des notes soufrées, de la violette. Pour donner une idée: nous avons travaillé sur l'ylang-ylang et nous avons trouvé 450 molécules dans la fleur, même si toutes ne sont pas perceptibles par le nez humain à ces concentrations-là. Un arôme, c'est une recette relativement complexe, qui va répondre aux attentes de l'utilisateur, au niveau de la note olfactive, bien ...





… sûr, mais aussi du dosage auquel il sera utilisé, du type de produit auquel il est destiné. C'est une composition, comme un parfum. Sauf qu'ici, il ne s'agit pas d'un parfumeur mais d'un aromaticien. C'est un vrai métier, qui nécessite d'avoir une bonne formation de chimie.»

A ce niveau-là aussi, dans la composition, il est possible de faire des économies. «Le coût d'un arôme dépend aussi du nombre de molécules qu'on y intègre, précise Marie-Laure Fauconnier. Pour reprendre l'exemple de la vanille, l'arôme naturel de vanille ne se limite pas à la vanilline: il y a peut-être 20 ou 30 autres molécules que vous êtes capables de percevoir. Si vous n'utilisez que la vanilline, même naturelle, vous aurez un pic, mais pas cet arôme rond naturel de vanille. C'est comme un vin dont on dit qu'il est «un peu court». Un arôme, on doit le percevoir tout de suite et il doit perdurer en bouche. Donc, pour obtenir un arôme à moindre prix, il y a à la fois le côté synthétique ou naturel des molécules, mais aussi la complexité de la recette de l'arôme. Pour un arôme de fraise pas trop cher, on jouera sur les molécules moins coûteuses qui se rapprochent de la fraise, on en mettra cinq au lieu de 20 et on évitera les deux ou trois molécules plus chères – comme les notes «vertes», qui apportent cette petite douceur à la fin. Les aromaticiens font au mieux, en fonction de leur cahier des charges. Ce qui fera aussi la différence entre un yaourt aromatisé bon marché et un yaourt aromatisé plus cher, c'est qu'on aura peut-être pris le temps de travailler sur l'interaction avec la matrice. Dans un yaourt à la fraise, vous travaillez avec un produit vivant, il y a des bactéries qui entrent en ligne de compte. Est-ce un yaourt maigre ou avec une certaine teneur en matières grasses? Est-il moulé ou brassé? Quelle est son onctuosité? Cela prend du temps d'obtenir un arôme parfaitement rond et qui aille très bien avec la matrice. Et si ça prend du temps, ça coûte plus cher. Je compare toujours au vin: si vous achetez un cubi de rouge pour faire un barbecue avec 50 personnes parce que vous ne voulez pas trop dépenser, il ne faut pas vous attendre à avoir le même résultat qu'un grand cru.»

A même volume, des chips «soufflées» seront plus légères que leurs homologues en lamelles de pommes de terre frites.

3. Tout simplement… de l'air

Au vaste rayon chips d'un supermarché, prenons deux paquets parmi les plus petits, des portions individuelles. En les plaçant côte à côte, on constate qu'ils ont exactement le même format. Mais l'un pèse 45 grammes, l'autre 27. Au rayon, vaste lui aussi, des céréales pour le petit déjeuner, on sort le mètre ruban. Ces deux boîtes contiennent le même poids de produit, 400 grammes, mais l'une présente un volume de 3.420 cm^3 (6 × 19 × 30 cm), et l'autre 1.470 cm^3 (5 × 14 × 21 cm), soit moins de la moitié. Plus fort encore: un troisième paquet est, lui, plus petit (2.137,5 cm^3) que la grande boîte de 3.420 cm^3, mais son contenu pèse deux fois plus, 800 grammes. L'explication de cette étrange comparaison ne figure nulle part sur les emballages. Car elle ne concerne ni un ingrédient ni un additif, mais un procédé de fabrication: la cuisson-extrusion.

L'extrusion, on la pratique tous les jours en utilisant un tube de dentifrice: «Extruder, c'est faire passer une matière à travers une filière, un certain orifice», résume Vanessa Jury, ingénieure agronome et professeure en génie des procédés alimentaires à l'Ecole nationale Oniris VetAgroBio, à Nantes. Dans l'alimentation, l'extrusion est utilisée au moins depuis le XVII^{e} siècle, avec l'invention en Italie de la presse à filière, pour former différents types de pâtes. L'association de la cuisson et de l'extrusion est, elle, pratiquée à l'origine dans l'industrie des produits en caoutchouc et plastique. «On part d'un état granulaire, c'est-à-dire une poudre, on chauffe ces granulés et on arrive à un état fondu que l'on peut mettre en forme, un peu comme de la pâte à modeler», explique Vanessa Jury.

Chauffer et contraindre

Dans la cuisson-extrusion appliquée à l'alimentation, la transformation d'un état à l'autre se produit grâce à la présence de l'amidon, généralement sous forme de farine. «En chauffant, l'amidon va se gélatiniser en partie. Cela dépend aussi de la quantité d'eau du mélange. Quand on atteint des températures de fusion, on perd la structure semicristalline de départ de l'amidon. On change la structure de la cellule. On obtient un fondu. Ensuite, en refroidissant, on peut retrouver des structures cristallines. Dans l'extrudeur, il y a aussi des vis qui tournent, dont on peut modifier le profil pour y ajouter des éléments de transport, des éléments qui vont cisailler la matière et augmenter les contraintes mécaniques, pour rendre cette matière plus liquide ou, au contraire, plus dure.»

Selon les températures et les contraintes exercées, la cuisson-extrusion s'accompagne, à la sortie de l'extrudeur, d'une expansion du produit. «Dans l'extrudeur, on monte en pression et on est à haute température, par exemple 120 ou 140 degrés, détaille la bioingénieure. Donc, l'eau du mélange se trouve encore à l'état liquide alors qu'on est bien au-delà de 100 degrés. Quand la matière sort de la machine,

elle passe de 20 ou 30 bars à 1 bar. Cette différence de pression produit ce qu'on appelle une "flash vaporisation", une vaporisation instantanée: l'eau passe en un quart de seconde de l'état liquide à l'état vapeur. C'est cela qui produit l'expansion. Des petites bulles de vapeur se créent, croissent et s'agglomèrent. Ensuite, si le refroidissement est très rapide, la matière se solidifie dans cet état-là.»

C'est ce qui explique qu'à même volume, des chips dites «soufflées» seront plus légères que leurs homologues en simples lamelles de pommes de terre frites. Idem pour les céréales du petit déjeuner, où des boules ou des «donuts» expansés grâce à la cuisson-extrusion prendront, à poids égal, plus de place dans un bol que du muesli ou du granola. «On peut aller jusqu'à multiplier par trois la taille du diamètre de l'orifice, précise Francine Fayolle, elle aussi professeure en génie des procédés alimentaires à Oniris. Cette texture-là, aérée et croustillante, on ne sait pas l'obtenir autrement.»

Enrobage

Les deux professeures citent spontanément l'exemple des Curly, de la marque française Vico, que l'on trouve peu en Belgique: des biscuits pour l'apéritif, expansés, à base de semoule de maïs et aromatisés à la cacahuète. «Il y a bien sûr la texture, mais c'est aussi l'enrobage au goût cacahuète –en général pulvérisé à la surface– qui fait qu'on y revient, souligne Vanessa Jury. Nous avons goûté des Curly sans enrobage: c'est fade. Sans arômes ajoutés, le goût sera parfois un peu sucré, parce qu'on est au-delà de 100 degrés et que l'amidon, c'est du sucre. Cela peut être intéressant pour les céréales du petit déjeuner, qui utilisent la même base que les gâteaux apéritifs, mais sont enrobées avec du cacao, du miel, etc. La texture des produits extrudés et expansés est aussi très facile à colorer, en intégrant le colorant directement au mélange.» Dernier avantage, de taille: le produit fini étant relativement sec, il se conserve longtemps s'il est bien emballé, à l'abri de l'humidité de l'air.

Outre ces produits salés ou sucrés aux formes et aux couleurs souvent ludiques, la cuisson-extrusion est aussi utilisée pour la production de pains plats –les Cracotte–, pour traiter des farines en leur apportant des propriétés particulières, pour l'énorme marché du *petfood* –croquettes pour chiens et chats, granulés pour poissons, etc., relativement peu expansés– et pour la fibration de protéines végétales. «Les protéines végétales ne possèdent pas la structure fibreuse de la viande, la cuisson-extrusion va permettre d'obtenir cette texture, souligne Francine Fayolle. Dans ce cas, on ne joue pas sur l'amidon, mais sur les protéines, en partant d'isolat de soja ou de pois, et on a besoin d'une quantité d'eau beaucoup plus importante. C'est un volet en pleine expansion.» Et là aussi, on aura beau chercher: le procédé ne figure pas sur le paquet. Magie! ●

(1) Paru dans *l'International Journal of Molecular Sciences*, le 20 juin 2019.

