

La chimie est essentielle pour la compréhension des transformations culinaires

En matière de gastronomie moléculaire et physique, il y a lieu de bien cadrer les travaux. Faut-il répéter que la gastronomie moléculaire et physique est la discipline scientifique qui explore les mécanismes des transformations culinaires [1] ? Sans doute pas. En revanche, on peut s'interroger sur la stratégie à mettre en œuvre pour faire des « découvertes », dans ce champ, et, à ce propos, le goût – assez généralement partagé – pour la simplicité [2-3] a failli me faire faire une erreur : j'avais cru comprendre que l'on pouvait distinguer les transformations culinaires selon qu'elles s'accompagnaient ou non de modifications moléculaires, distinguant des « transformations physiques », des « transformations chimiques », des transformations (micro)biologiques, mais je viens de comprendre que non ; toutes s'accompagnent de modifications moléculaires, de sorte que la chimie a la première place.

Par exemple, quand on cuit une viande, il est clair qu'il y a des modifications des protéines dans la masse, avec les coagulations des actines, myosines, les dégradations des molécules de collagène, par exemple [4-5], et, selon les cas, il y a aussi des brunissements en surface, avec principalement des pyrolyses des protéines (les réactions aminocarbonyles, fautiveusement nommées « de Maillard », sont sans doute moins importantes qu'on ne l'a prétendu sans quantification) [6] ; en tout cas, pour les deux parties, il y a des transformations moléculaires que la chimie peut explorer.

Inversement, on pourrait penser que la découpe d'une carotte ou la production d'un blanc en neige ne met pas en œuvre de transformations moléculaires... mais cette idée est fautive, et, à ce jour, je ne connais pas de transformations culinaires pour lesquelles il n'y ait pas de transformations moléculaires.

Par exemple, quand on fait une salade de carottes et que l'on commence par peler les carottes, puis quand on divise la racine en filaments (« julienne »), la lame du couteau détruit au moins une couche de cellules sur son passage, libérant leur contenu, ce qui correspond à l'humidité qu'on voit apparaître [7]. Cela étant, la dégradation des cellules sur le passage de la lame de l'économiste ou du couteau libère des composés phénoliques et des enzymes phénoloxydases : les enzymes réagissent avec les composés phénoliques pour faire brunir les tissus végétaux coupés [8]. Il y a donc une action physique, une modification microscopique, et des transformations moléculaires.

Bien sûr, cela ne concerne qu'une couche de cellules, mais au fond, dans un rôtissage rapide où l'on ne ferait brunir que la surface, il n'y aurait également que la surface qui serait concernée. Pourrait-on distinguer les transformations culinaires selon les ordres de grandeur de quantité ou de proportion de matériau modifié ? Par exemple, distinguer une coagulation d'un blanc d'œuf, où toute la masse du matériau est transformée par la coagulation des protéines, et une modification de surface ? On peut toujours, mais à quoi cela conduit-il ?

Continuons d'explorer la question, sur des cas pratiques, notamment en considérant le battage d'un blanc d'œuf en neige. Cette fois, on part d'eau et de protéines, souvent globulaires (à savoir que les molécules de protéines sont repliées comme des pelotes), et l'on fouette pour introduire des bulles d'air. L'air n'est pas modifié, mais les protéines le sont : le cisaillement exercé par le fouet dénature les protéines, et c'est parce qu'elles sont ainsi modifiées qu'elles peuvent se placer à la surface des bulles d'air, à l'interface entre l'air et l'eau ; on doit considérer que les ponts disulfures intramoléculaires

(par exemple, pour les ovalbumines) sont dissociés, par exemple. Dans un tel cas, on calcule facilement la quantité de protéines qui sont nécessaires pour obtenir un blanc battu en neige : en considérant un volume de mousse d'un tiers de litre, une taille de bulles de 0,1 mm et deux couches de protéines à la surface de chaque bulle, on détermine une proportion de protéines modifiées de 1/10 000. C'est peu, mais quoi qu'il en soit, alors que l'on pouvait croire que l'on aurait été dans le cas d'une transformation culinaire sans modification moléculaire, on s'aperçoit que l'on s'est trompé.

La préparation d'une laitue pour une salade ? Cette fois, si l'on considère des feuilles de 10 cm², des tailles cellulaires de un micromètre et une division en deux de chaque feuille, avec une couche endommagée d'une dizaine de cellules, on calcule que la proportion de tissu végétal modifié est 1/10 000 000... mais l'effet est visible ! Et, quand on fait vraiment la salade, en la « fatiguant » avec la vinaigrette, l'effet est considérable, puisque l'huile adhère aux cires de surface, les désorganisant, et permettant l'interaction du tissu végétal avec le vinaigre, mais, aussi, avec une action mécanique dont on voit bien l'effet.

Enfin, s'il y a une transformation culinaire, c'est bien qu'il y a un effet, n'est-ce pas ? Et je crois que c'est un bon conseil, face à une transformation culinaire, de toujours considérer le phénomène d'abord du point de vue macroscopique, puis du point de vue microscopique, puis du point de vue moléculaire. Toutes ces modifications sont toujours présentes.

Ajoutons que l'importance en « quantité » (ou proportion, dans les deux cas précédents) n'est pas prépondérante : une viande grillée seulement en surface prend ce goût qui la fait apprécier, alors même que la « quantité » de transformation est faible. Et l'on ne doit pas oublier [9] qu'il y a différentes « dimensions » pour les aliments : la composition chimique, certes, mais surtout la saveur, la couleur, l'odeur, la consistance, etc. Par exemple, au premier ordre de la composition chimique, le vin n'est que de l'eau, mais la saveur brûlante de l'éthanol, présent moléculairement au deuxième ordre seulement, est prépondérante, alors que la saveur de l'eau, présente au premier ordre, est très loin dans l'ordre des saveurs.

Bref, vive la chimie !

[1] H. This vo Kientza, R. Burke, A. Kelly, C. Lavelle, Introduction, in *Handbook of Molecular Gastronomy*, R. Burke, A. Kelly, C. Lavelle, H. This (eds), CRC Press, 2021.

[2] A. Kendall, *Michael Faraday, man of simplicity*, Hassell Street Press (R.-U.), 1889.

[3] A. Einstein, *The quotable Einstein*, Princeton University Press (E.-U.), 1996.

[4] M.L. Marin, C. Casas, M.I. Cambero, B. Sanz, Study of the effect of heat (treatments) on meat protein denaturation as determined by ELISA, *Food Chem.*, 1992, 43, p. 147-150.

[5] M.E. Latorre, D.E. Velazquez, Effects of thermal treatment on collagen present in bovine *M. Semitendinosus* intramuscular connective tissue. Analysis of the chemical, thermal and mechanical properties, *Food Struct.*, 2021, 27, 100165.

[6] H. This vo Kientza, Why we should speak of glycation reactions, or of amino-carbonyl reactions, instead of Maillard reactions, *IMARS Highlights*, 2023, 18(3), www.imaronline.com.

[7] J. Dobranszki, Application of naturally occurring mechanical forces in *in vitro* plant tissue culture and biotechnology, *Plant Signal. Behav.*, 2021, 16(6), e1902656.

[8] J.-J. Macheix, A. Fleuriet, C. Jay-Allemand, *Les composés phénoliques des végétaux. Un exemple de métabolites secondaires d'importance économique*, Presses polytechniques et universitaires romandes, Collection Biologie, 2005.

[9] H. This, *Mon histoire de cuisine*, Belin, 2014.

Hervé THIS,

Directeur du Centre international de gastronomie moléculaire et physique, INRAE-AgroParisTech, Palaiseau.

* herve.this@agroparistech.fr