



Le secret du pain

HERVÉ THIS

Les chimistes déterminent, à fin d'améliorations, les liaisons entre les protéines qui forment le réseau de notre bonne vieille pâte à pain.

Les constituants de la farine de blé sont les clefs du succès du pain : à côté des grains d'amidon, qui gonflent quand ils sont chauffés en présence d'eau, des protéines forment, lors du pétrissage, un réseau nommé gluten. Pour améliorer le pain, il est intéressant d'étudier les associations de ces protéines. Comment les forces entre les protéines contribuent-elles aux propriétés mécaniques de la pâte à pain ? On savait que des liaisons entre des atomes de soufre portés par des protéines contribuent à la structuration du gluten ; on a découvert que d'autres forces y participent aussi.

La qualité d'un pain dépend de celle du gluten, d'où la nécessaire maîtrise de la réticulation des protéines, c'est-à-dire de l'établissement de liaisons entre ces molécules. Le gluten est un réseau « viscoélastique » : étiré, il s'allonge, puis reprend partiellement sa forme initiale quand on supprime la tension. La panification n'est possible que grâce au gluten : quand les levures dégagent des bulles de dioxyde de carbone, le volume de la pâte augmente et le réseau de protéines du gluten préserve la forme en boule de la pâte en retenant les bulles de gaz.

En 1745 déjà, le chimiste italien Jacopo Beccari a montré que l'on extrait le gluten en malaxant de la farine avec un peu d'eau, puis en passant le pâton formé sous un filet d'eau ; l'eau entraîne les grains blancs de l'amidon, laissant le gluten entre les doigts. Les chimistes ont montré que seules certaines protéines insolubles du blé contribuent au réseau du gluten : les prolamines.

Ces prolamines sont de deux types : les gliadines, qui ne sont composées que d'une seule chaîne protéique (un enchaînement d'acides aminés) et les gluténines, qui sont de gros édifices composés de plusieurs sous-unités protéiques liées par des ponts disulfure (entre deux atomes de soufre). Ces ponts disulfure relient-ils aussi les gluténines entre elles ? Selon une conception classique, le pétris-

sage établit des ponts disulfure supplémentaires entre les diverses prolamines, ponts qui se rompent et se reforment à mesure que le boulanger travaille la pâte.

Les gluténines ont une partie centrale (entre 440 et 680 acides aminés) formée de courtes séquences répétées, flanquées de deux domaines terminaux. La taille du domaine central détermine la masse moléculaire des gluténines ; les domaines terminaux contiennent des cystéines, acides aminés qui portent les atomes de soufre susceptibles de former les ponts disulfure. Toutefois les caractéristiques chimiques des gluténines n'expliquaient pas bien leurs capacités à faire le gluten.

Il y a quatre ans, l'équipe de Jacques Guéguen, à l'INRA de Nantes, avait montré que les prolamines pouvaient se lier par des « liaisons dityrosine » (la tyrosine est un acide aminé dont la chaîne latérale est composée d'un groupe CH_2 , d'un noyau benzénique et d'un groupe hydroxyle $-\text{OH}$). Sur la base de ces travaux, Katherine Tilley et ses collègues de l'Université du Kansas ont récemment démontré l'importance des liaisons dityrosine dans le gluten. Dans des pâtes à pain, à divers stades du pétrissage, ils ont extrait, dissocié et analysé par voie chimique le gluten de la farine pétrie, et ont trouvé que les concentrations en dityrosine augmentent lors du pétrissage. La question était posée : quel rôle jouait la dityrosine dans la structuration du gluten ?

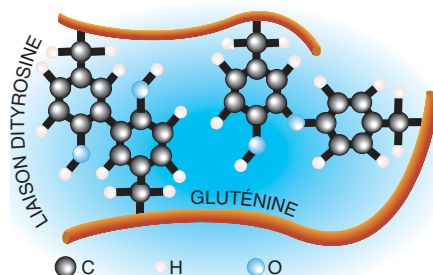
Une analyse approfondie a montré l'existence de deux types de liaisons dityrosine : dans la dityrosine, les deux groupes benzéniques sont liés par le carbone voisin du groupe hydroxyle $-\text{OH}$;

dans l'isodityrosine, un atome d'oxygène d'un groupe hydroxyle d'une tyrosine se lie au carbone voisin du groupe hydroxyle sur l'autre tyrosine.

La découverte agite la communauté des chimistes du gluten. Pour les biochimistes, ces liaisons dityrosine sont communes entre les protéines végétales, dont les séquences et les structures ressemblent à celles des gluténines ; ils connaissent aussi l'existence de ces liaisons dans les protéines, nommées résiline, des insectes et des arthropodes, et dans l'élastine et le collagène des vertébrés. Ainsi le boulanger reproduit-il le vivant en formant des liaisons dityrosine lors du pétrissage.

D'autre part, l'équipe de Nantes a observé que les liaisons dityrosine s'établissent en présence d'enzymes (péroxydases) naturellement présentes dans la farine. Le long travail de la pâte, lors de la confection du pain, a-t-il pour rôle de faire réagir les enzymes avec les gluténines et à leur donner le temps d'établir les liaisons dityrosine ? Quelles sont les parts respectives des dityrosines et des ponts disulfures dans la structuration du gluten ?

À quoi sert la détermination de ces liaisons ? À perfectionner les additifs, employés soit pour faciliter le pétrissage soit, au contraire, pour intensifier la formation du gluten : quand des composés oxydants tels l'acide ascorbique ou le bromate de potassium sont ajoutés aux pâtes à pain, le nombre de liaisons dityrosines formées augmente ; on pensait que ces additifs favorisaient la formation des ponts disulfure, mais peut-être forment-ils aussi des liaisons dityrosine. On imagine ainsi des méthodes de sélection des blés à gluten : suffirait-il de doser les dityrosines pour estimer la valeur des glutes ?



Prochain rendez-vous France Info et Pour la Science, le 25 juillet, avec la chronique Info Sciences de Marie-Odile Monchicourt.