



Au cours des transformations technologiques et après l'ingestion des aliments, les lipides subissent des dégradations chimiques ou enzymatiques. Les acides gras insaturés, constituants des lipides alimentaires, sont très sensibles à l'oxydation. Ce phénomène qui provoque des altérations des caractéristiques fonctionnelles, nutritionnelles et sensorielles des aliments, reste difficile à maîtriser.

Des recherches pour préserver les lipides de l'oxydation

Dans l'objectif de prévenir les phénomènes d'oxydation au cours des transformations technologiques et de la digestion des aliments, nous cherchons à comprendre comment la structure et la dynamique des systèmes modulent la réactivité des acides gras insaturés et d'autres molécules labiles comme les vitamines liposolubles ou les antioxydants :

- Evaluer et prévenir les dégradations des aliments liées à l'oxydation au cours des traitements technologiques, de la conservation et lors de la digestion.
- Comprendre comment la compartimentation des matrices et l'agencement des structures lipidiques, naturelles ou recomposées par la formulation, participent à une protection des molécules les plus fragiles.
- Optimiser l'utilisation de nouvelles sources d'antioxydants naturels, fonctionnalisés ou néoformés.
- Mettre en place des tests d'activités antioxydantes mimant les transformations technologiques et les événements biologiques et proposer de nouveaux outils de quantification des produits d'oxydation.

L'objectif finalisé est d'optimiser, voire revisiter, formulations et procédés et de tirer partie des potentialités offertes par les matières premières et molécules natives ou transformées disponibles pour l'industrie ou générées au cours des procédés.

Au delà de la recherche ou la synthèse de nouvelles molécules antioxydantes, nous cherchons les moyens d'optimiser leurs apports, cibler leur action, favoriser les synergies et limiter leurs dégradations afin de bénéficier in fine de leurs effets nutritionnels positifs.

Nos études, réalisées tantôt sur des matières premières ou des aliments transformés, tantôt sur des systèmes modèles, nous permettent de déterminer les mécanismes de protection tout en hiérarchisant les effets dans des conditions réelles ou réalistes. Nous souhaitons ainsi proposer des modèles prédictifs et explicatifs permettant de relier les variables du procédé aux caractéristiques du produit.

Nous mettons également au point de nouveaux outils. Certains permettent de quantifier des marqueurs d'oxydation caractéristiques des différents substrats, de caractériser les étapes de l'oxydation et d'en évaluer les conséquences sensorielles, nutritionnelles voire sanitaires. D'autres visent à évaluer les activités des molécules antioxydantes.

Les localisations et interactions des lipides insaturés et des antioxydants au sein des matrices sont un élément clef de leur réactivité. Elles sont pourtant encore mal connues. Nos travaux en cours visent donc d'une part à créer de nouveaux assemblages moléculaires ou supramoléculaires permettant de protéger, au sein de formulations complexes, les molécules d'intérêt, et d'autre part à y visualiser localisation et dynamique de ces molécules et de leurs produits d'oxydation.

Quelques exemples de résultats :

L'UMR Ingénierie, Procédés, Aliments (IPA GENIAL) AgroParisTech-INRA-CNAM Massy a par exemple développé, dans le cadre du projet européen Optim'oil, **un pilote instrumenté de friture plate**, ainsi qu'un **modèle mathématique** original permettant d'une part d'accéder à des variables d'état difficiles à mesurer et d'autre part de formaliser les phénomènes de transport mis en jeu. Ce système



nous a conduit à définir des conditions optimales de cuisson permettant de limiter la dégradation des huiles et des antioxydants endogènes.

L'unité Sécurité et Qualité des Produits d'Origine Végétale, INRA-Université des Pays de Vaucluse, a développé un **système modèle mimant l'évolution du bol alimentaire au cours de la digestion**, dans lequel le pigment principal de la viande, la metmyoglobine, dégrade les lipides insaturés en composés toxiques absorbables. Divers antioxydants d'origine végétale (composés phénoliques, caroténoïdes) sont capables d'atténuer ce phénomène, et ce à des concentrations nutritionnellement pertinentes.

L'unité Biopolymères, Interactions, Assemblages de l'INRA de Nantes a mis en place un dispositif expérimental basé sur **la formulation raisonnée d'émulsions et la quantification de divers marqueurs de l'oxydation**. Cette démarche a par exemple permis de démontrer l'implication forte des protéines utilisées en tant qu'agent émulsifiant sur le déroulement des réactions. Par ailleurs, l'oxydabilité des laits et d'émulsions laitières en lien avec l'insaturation et la teneur en vitamine E des matières grasses laitières modulées par l'alimentation des ruminants, et leur état physique, a été étudiée dans le cadre du projet ANR-PNRA 2006 AGILAIT. Le projet ANR-ALIA2008 AGEcaninox (2009-2010) vise quant-à-lui à fournir des outils d'évaluation du risque éventuel lié à l'absorption de produits d'oxydation lipidique dans les aliments enrichis en acides gras polyinsaturés longues chaînes à destination des personnes âgées

L'unité Qualité des Produits Animaux de l'INRA de Clermont-Ferrand-Theix a développé une **méthode de fluorescence frontale qui permet d'évaluer l'oxydation lipidique, directement sur des matrices carnées**. Par ailleurs nous étudions les interactions entre l'oxydation des lipides et des protéines au cours des procédés de transformation des viandes et produits carnés (traitements thermiques), génératrices de molécules odeur actives mais également d'agrégats moléculaires dont la digestibilité est diminuée.

L'UMR Flaveur, Vision et Comportement du Consommateur, INRA/ENESAD/Université de Bourgogne dispose d'une plate-forme instrumentale « Lipides-Arômes » qui a permis de développer **une méthode d'extraction et de quantification par chromatographie phase gazeuse de la part non volatile des composés issus de l'oxydation d'huiles alimentaires après chauffage**. Cette méthode peut être utilisée pour tester l'efficacité de certains antioxydants.

Partenariat

UMR Régulation métaboliques, nutrition et diabètes (RMND), INRA – INSERM - Université de Lyon - INSA Lyon - Hospices civils de Lyon ;

UMR Unité de Nutrition Humaine (UNH), INRA-Unité d'Auvergne ;

Unité de recherche sur les herbivores (URH) INRA Clermont-Ferrand-Theix

UMR Nutriments Lipidiques et Prévention des Maladies Métaboliques, INRA-INSERM-Université de Marseille

Laboratoire d'Ingénierie des Biomolécules, ENSAIA/ INPL, Nancy

ITERG, Institut des Corps Gras, Bordeaux

Unités impliquées, mots-clefs et contacts :

L'unité Biopolymères, Interactions, Assemblages, INRA Nantes

Claude.Genot@nantes.inra.fr

UMR Ingénierie, Procédés, Aliments (IPA GENIAL) AgroParisTech-INRA-CNAM Massy

Marie-Noëlle Maillard, maillard@agroparistech.fr

UMR Sécurité et Qualité des Produits d'Origine Végétale, INRA-Université des Pays de Vaucluse

Claire.Dufour@avignon.inra.fr ; Catherine Caris-Veyrat, caris@avignon.inra.fr



UMR Flaveur, Vision et Comportement du Consommateur, INRA/ENESAD/Université de Bourgogne, plate-forme instrumentale « Lipides-Arômes »

Olivier.Berdeaux@dijon.inra.fr

Unité Qualité des Produits Animaux, INRA Clermont-Ferrand-Theix

Véronique Vanté-Lhoutellier, vero@clermont.inra.fr

Mots clefs

Acides gras insaturés / Antioxydants naturels ou néoformés / Produits d'oxydation / Digestion *in vitro* / Arômes / Conservation / Stockage / Traitements thermiques

Pour en savoir plus :

Références techniques

- Genot C., Eymard S., Viau M. (2004), Comment protéger les acides gras poly-insaturés à longues chaînes oméga 3 (AGPI - LC \square 3) vis-à-vis de l'oxydation ? *Oléagineux, Corps Gras, Lipides*, 11 (2), 133-141
- Christieans S., Genot C., Guillard A. S., Majou D., Picgirard L., Rossignol-Castera A. (2005), *Viandes et produits carnés. Guide pratique pour l'évaluation de l'oxydation des lipides*. ACTIA, Paris, 99 pages.
- Cuvelier ME., Maillard MN. (2007). Revue : comment évaluer l'efficacité des antioxydants alimentaires ? *Sciences des Aliments*, 27, 259-282
- Cuvelier ME., Latino-Martel P. (2008). Additifs antioxygènes. In: B de Reynal coord, Additifs et auxiliaires de fabrication dans les industries alimentaires, 4e édition, Lavoisier, Paris, pp. 183-214.

Publications

- Genot C., Meynier A., Riaublanc A. (2003), Lipid oxidation in emulsions. In *Lipid Oxidation Pathways*, Kamal-Eldin A. Ed.; AOCS Press Pub., Champaign, IL, (USA); pps: 190-244.
- Villière A., Viau M., Bronnec I., Moreau N., Genot C. (2005), Oxidative stability of bovine serum albumin- and sodium caseinate-stabilized emulsions depends on metal availability. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53 (5), 1514-1520.
- Meynier A., Rampon V., Dalgalarondo M., Genot C. (2004), Hexanal and *t*-2-hexenal form covalent bonds with whey proteins and sodium caseinate in aqueous solution. *International Dairy Journal*, 14 (8), 681-690.
- Achir N., Kara W., Chipeaux C., Trezzani I., Cuvelier ME. (2006). Effect of energy transfer conditions on the chemical degradation of a frying oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 108, 999-1006.
- Peyrat-Maillard MN., Cuvelier ME., Berset C. (2003). Antioxidant activity of phenolic compounds in AAPH-induced oxidation : synergistic and antagonistic effects. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 80: 1007-1012.
- Maillard MN., Billaud C., Chow YN., Ordonaud C., Nicolas J. (2007). Free radical scavenging, inhibition of polyphenoloxidase activity and copper chelating properties of model Maillard systems. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 40, 1434-1444.
- Vulcain, E., Goupy, P., Caris-Veyrat, C., Dangles O. (2005), Inhibition of the metmyoglobin-induced peroxidation of linoleic acid by dietary antioxidants: action in the aqueous vs. lipid phase, *Free Rad. Res.*, 39(5), 547-563.
- Goupy, P., Vulcain, E., Caris-Veyrat, C., Dangles, O. (2007), Dietary antioxidants as inhibitors of the heme-induced peroxidation of linoleic acid: Mechanism of action and synergism, *Free Radical Biol. Med.*, 43, 933-946.
- Lorrain B., Dangles O., Genot C., Dufour C.. Chemical modelling of heme-induced lipid oxidation in gastric conditions and inhibition by dietary polyphenols, soumis
- Chelh, I.; Gatellier, P.; Santé-Lhoutellier, V. Characterisation of fluorescent Schiff bases formed during oxidation of pig myofibrils. *Meat Sci.* 2007, 76, 210-215.
- Gatellier P., Gomez S., Gigaud V., Berri C., Le Bihan-Duval E. & Santé-Lhoutellier V. 2007. Use of fluorescence front face technique for measurement of lipid oxidation during chicken meat refrigerated storage. *Meat Science* 76: 543-547.