

ALIMENTATION DES ENFANTS : QUAND LES CHERCHEURS SE METTENT À TABLE



PRESSE **Dossier**



04

AUTOUR DU PETIT-DÉJEUNER

- › QUEL LAIT POUR DEMAIN ?
- › LES ALLERGIES AU LAIT
- › CE PAIN QUI NOUS VEUT DU BIEN
- › LES AGRUMES, DES FRUITS BONS POUR NOS ARTÈRES

14

TOUS À LA CANTINE

- › BONNE NOTE POUR LA CANTINE SCOLAIRE !
- › LÉGUMES VERTS :
PRÉSERVER AU MIEUX LEURS VITAMINES
- › DES LÉGUMINEUSES DANS LES PÂTES
- › DES PRODUITS LOCAUX, SI POSSIBLE BIOLOGIQUES,
DANS LES CANTINES
- › HALTE AU GASPILLAGE !
- › GOÛT ET COMPORTEMENT ALIMENTAIRE DES ENFANTS

25

C'EST L'HEURE DU GOÛTER

- › DE NOUVELLES TEXTURES
POUR LES PURÉES DE FRUITS
- › LA CONFITURE, ENTRE ART CULINAIRE ET SCIENCE
- › DES FRIANDISES À L'ÉCOLE POUR LE LIEN SOCIAL
- › CUISSON, ARÔMES, MOELLEUX...
OU LA CHIMIE DES GÂTEAUX !

ALIMENTATION DES ENFANTS: QUAND LES CHERCHEURS SE METTENT À TABLE

LES REPAS RYTHMENT NOS JOURNÉES ET CELLES DE NOS BAMBINS. DÈS LA NAISSANCE, AU MOMENT DU SEVRAGE, DE LA DIVERSIFICATION PUIS PENDANT L'ENFANCE ET L'ADOLESCENCE, LEUR ALIMENTATION EST PRIMORDIALE POUR BIEN GRANDIR !

À LA MAISON ET À L'ÉCOLE, LES ÉQUIPES DE L'INRA SCRUTENT LES ASSIETTES ET LES CUISINES, LES FRIGOS ET LEUR APPROVISIONNEMENT. ILS ÉTUDIENT LES APPORTS ET BESOINS NUTRITIONNELS, LA STRUCTURE DES ALIMENTS, LEUR TRANSFORMATION. ILS ANALYSENT LES CIRCUITS COURTS DANS LES CANTINES ET PROPOSENT DES PISTES POUR RÉDUIRE LES PERTES ET GASPILLAGES DANS LA RESTAURATION SCOLAIRE.

AU MENU: DU PAIN ENRICHİ AVEC DES FİBRES, DU LAİT AVEC UN PROFİL EN ACİDES GRAS AMÉLIORÉ, DES PÂTES AUX LÉGUMINEUSES, DES PURÉES DE FRUITS AUX TEXTURES NOUVELLES ET SAVOUREUSES... LES CHERCHEURS DE L'INRA METTENT AU POINT DES PROCÉDÉS ET DES PRODUITS INNOVANTS POUR UNE ALIMENTATION ADAPTÉE AUX ENFANTS.

À TABLE, LES SCIENTIFIQUES DE L'INRA PLANCHENT SUR LA FAÇON DONT LES ENFANTS APPRENNENT À MANGER, À DÉCOUVRIR DES GOÛTS ET DES TEXTURES. ILS CHERCHENT À COMPRENDRE COMMENT LE PLAISIR DE MANGER EST AU CŒUR D'UNE ALIMENTATION SAİNE ET DURABLE.

DU PETİT-DÉJEUNER AU GOÛTER, CE DOSSİER RASSEMBLE DES RÉSULTATS ET TRAVAUX DE L'INRA SUR CES ALIMENTS QUI FONT LE QUOTIDIEN DE NOS ENFANTS.



AUTOUR DU PETIT-DÉJEUNER

QUEL LAIT POUR DEMAIN ?

Le lait contient de nombreux constituants d'intérêt nutritionnel (lipides, protéines, glucides, minéraux, vitamines...). Les attentes des consommateurs sur sa composition évoluent et s'affinent, notamment pour répondre aux enjeux de nutrition humaine. C'est en particulier le cas de la matière grasse du lait, constituée d'acides gras aux effets physiologiques bien spécifiques. La teneur et la composition en acides gras du lait sont très variables et peuvent être fortement modulées par les pratiques d'élevage. Les chercheurs de l'Inra ont étudié les conséquences de l'alimentation des vaches sur la qualité de la matière grasse du lait.

LES ACIDES GRAS : BONS OU MAUVAIS ?

L'homme a besoin de lipides dans son alimentation. Mais tous les acides gras (il en existe plus de 400 différents dans le lait) n'ont pas la même valeur nutritionnelle. Ce ne sont pas les acides gras eux-mêmes qui peuvent être nocifs pour la santé humaine mais ils le deviennent lorsqu'ils sont consommés en excès. D'une manière générale, les recherches en nutrition des ruminants tendent à baisser les teneurs en acides gras saturés (qui représentent aujourd'hui 65 à 70 % des acides gras du lait) et à augmenter celles en acides gras insaturés. Mais tout n'est pas aussi simple.

► L'acide palmitique représente la moitié des acides gras saturés, soit 30 % de la matière grasse laitière. Les chercheurs de l'Inra visent à en réduire la teneur car il est impliqué dans l'accroissement des taux sanguins des marqueurs associés aux risques cardio-vasculaires. En revanche, l'acide myristique, bien que saturé, est indispensable pour assurer les échanges entre cellules. Tous les acides gras saturés ne peuvent donc être classés dans un ensemble unique.



DANS 1 LITRE DE LAIT :

- **46 g** de glucides (lactose)
- **37 g** de matières grasses
- **34 g** de protéines
- **4 g** de minéraux

► Les acides gras *trans* sont souvent diabolisés, pour leur lien avec le cholestérol. Pourtant l'acide ruménique d'origine naturelle (produit par les ruminants), dont le lait est la principale source dans l'alimentation, a des effets physiologiques bénéfiques, notamment dans la prévention d'apparition de certains cancers. Ces effets ont été démontrés chez le modèle rongeur mais pas encore chez l'homme.

► Accroître les teneurs en acides gras insaturés, et plus particulièrement celle en acides gras oméga 3, sans augmenter celle en acides gras oméga 6 ni celle de certains acides gras *trans* est un objectif pour la filière laitière. En effet, les acides gras oméga 3 sont reconnus pour leurs effets bénéfiques sur la santé, notamment, chez les enfants, sur le développement des capacités cognitives.

L'ALIMENTATION DES VACHES PERMET DE MODULER LA COMPOSITION EN ACIDES GRAS DU LAIT

Des expériences menées à l'Inra ont montré que l'on pouvait modifier fortement la composition en acides gras de la matière grasse du lait. Les résultats obtenus en conditions contrôlées sont confirmés dans des études réalisées sur le terrain en fermes privées.

L'HERBE VERTE : LE « MUST » L'herbe verte pâturée est le fourrage qui permet de produire un lait répondant le mieux à l'ensemble des critères nutritionnels requis : une teneur réduite en acides gras saturés, des teneurs élevées en acides gras insaturés, une augmentation des teneurs en acide ruménique, une teneur élevée en acides gras oméga 3 et un faible rapport acides gras oméga 6/acides gras oméga 3, une augmentation des acides gras *trans* due principalement à un précurseur de l'acide ruménique. Ces performances sont plus nettes avec l'herbe de printemps qu'avec celle d'automne et l'espèce pâturée ne semble pas avoir d'effet majeur.

ET EN HIVER ? Les rations à base d'ensilage de maïs conduisent généralement à des laits dont la matière grasse est plus riche en acides gras saturés par rapport à l'ingestion d'herbe pâturée. Les rations à base d'ensilage d'herbe ou de foin entraînent des profils d'acides gras intermédiaires avec ceux obtenus avec l'herbe pâturée. Mais la quantité et la nature des compléments peuvent affecter fortement cette composition. Ces rations doivent en effet être enrichies en protéines et en énergie pour couvrir les besoins nutritifs des vaches laitières à l'aide notamment de céréales, de « tourteaux » (résidus des graines oléagineuses après extraction de l'huile) ou de graines oléagineuses. Ainsi, le tourteau de colza apparaît comme une alternative intéressante au tourteau de soja. Il permet de baisser les acides gras saturés. Les graines de lin, ajoutées à la ration des vaches laitières, peuvent doubler, ou plus, les teneurs en acides gras oméga 3 des laits. L'ingestion de foin de luzerne permet d'augmenter significativement les teneurs en acides gras oméga 3 du lait.



© Inra - Odile Bernard

ET POUR LE CONSOMMATEUR ?

Le plus souvent, les étiquettes ne détaillent pas la composition du lait. Cependant, certains produits font mention des rations reçues par les animaux ou de l'origine des produits (cas des laits de montagne).

“ Le cheptel français est le 2^e de l'Union Européenne avec **8 millions** de têtes et **3 784 000** vaches laitières.

Représentation des races laitières en France :

Holstein **64 %**

Montbéliarde **17 %**

Normande **11 %**

Autres races (Jersiaise entre autres) **8 %** ”

● PRÉDIRE LA PRODUCTION DE LA MATIÈRE GRASSE ● DU LAIT DES VACHES...

Grâce à une approche quantitative statistique, des travaux menés à l'Inra ont permis de modéliser chez le ruminant les flux d'acides gras au niveau intestinal et dans le lait. Les scientifiques sont donc parvenus à élaborer des équations prédictives. Un premier jeu d'équations prédisant les flux d'acides gras duodénaux a été constitué en fonction des acides gras ingérés et de facteurs alimentaires (nature du fourrage, proportion de concentré dans la ration, supplémentation en oléagineux, interactions entre ces facteurs). Un second jeu d'équations permet de prédire le transfert des acides gras de l'intestin à la glande mammaire en considérant les flux duodénaux, des paramètres digestifs du rumen et de la composition des rations. Enfin, les deux types d'équations ont été couplés et leur précision a été évaluée. Cette étude a été réalisée dans le cadre du renouvellement des tables et recommandations alimentaires pour les ruminants établies par l'Inra.

... ET LEURS ÉMISSIONS DE MÉTHANE !

Onze acteurs de la filière production animale et l'Inra se sont associés pour former le consortium de recherche « Gaz à effet de serre » et mener des études autour de la méthanogenèse chez le ruminant. Leur objectif *in fine* : développer des solutions opérationnelles pour réduire les émissions de gaz à effet de serre issus de l'élevage des ruminants, avec un premier focus sur la validation d'indicateurs dont les acides gras du lait pour prédire la production du méthane (CH_4) entérique. Dans ce cadre, les travaux ont permis :

- d'établir des équations de prédiction des émissions de CH_4 entérique à partir de profils en acides gras du lait (données provenant d'un grand nombre de vaches laitières recevant des rations très diversifiées)
- de complexifier ces premières équations en intégrant des variables telles que la composition chimique de la ration, les performances laitières et les caractéristiques de l'animal afin d'augmenter leur précision
- d'évaluer la précision de ces équations de prédiction sur des bases de données indépendantes.

Les résultats ont montré que les acides gras sont de bons prédicteurs des émissions de CH_4 sur une large gamme de rations qui a permis de construire les équations prédictives.

CONTACTS

Anne Ferlay

anne.ferlay@inra.fr / 04 73 62 45 13

Cécile Martin

cecile.martin@inra.fr / 04 73 62 40 55

Unité mixte de recherche sur
les herbivores (Inra, VetAgroSup)
Centre Inra Auvergne-Rhône-Alpes





LES ALLERGIES AU LAIT

Le lait, qu'il soit maternel ou sous forme de préparation infantile, est l'aliment essentiel du nourrisson et du jeune enfant. Ces dernières années, une augmentation rapide de la prévalence des allergies alimentaires est observée. En touchant 1 à 3 % des enfants, le lait de vache est la cause la plus fréquente d'allergie alimentaire chez le nourrisson et la troisième derrière l'œuf et l'arachide chez l'enfant de moins de 15 ans. Cette allergie se manifeste par des signes cliniques variables en gravité, et pouvant affecter l'appareil digestif, respiratoire et/ou cutané. Dans la majorité des cas, elle disparaît vers l'âge de 3 à 5 ans. Les chercheurs de l'Inra essaient d'en comprendre les mécanismes et les facteurs environnementaux pouvant favoriser leur développement afin de prévenir leur survenue. Ils étudient notamment la digestibilité et le pouvoir allergène de différentes préparations infantiles.

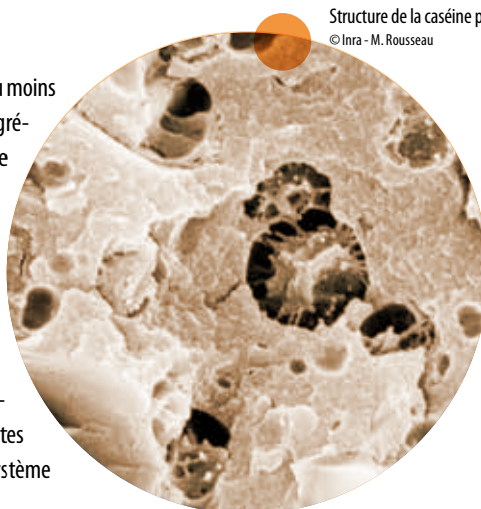
● ATTENTION : ● NE PAS CONFondre...

En France, entre 10 et 30 % de la population est intolérante au lactose, un sucre complexe naturellement présent dans le lait de vache. Cette intolérance est essentiellement liée à une déficience de la lactase, une enzyme chargée de dégrader le lactose et qui se trouve dans l'intestin grêle, principalement chez les nourrissons. Chez les personnes qui ne le digèrent pas, le lactose transite directement jusqu'au côlon où il est dégradé par les bactéries du microbiote intestinal. Cette fermentation produit alors des gaz, responsables de troubles digestifs symptomatiques de l'intolérance au lactose. Rien à voir avec l'allergie au lait qui est une réaction immunologique se traduisant dans la majorité des cas par la production d'une famille particulière d'anticorps : des immunoglobulines de type E (IgE) qui reconnaissent spécifiquement les protéines laitières.

LES PRÉPARATIONS INFANTILES PASSÉES AU CRIBLE

Au cours de la fabrication des laits infantiles, les protéines subissent une étape de chauffage plus ou moins intense. Les chercheurs de l'Inra ont montré que ce traitement thermique a pour conséquence d'agréger certaines protéines du lait et de les rendre plus difficiles à digérer. La question se pose alors de savoir si ces modifications pourraient favoriser le développement d'une allergie alimentaire. En effet, au contact des protéines de lait de vache contenues dans les préparations infantiles, certains enfants vont développer une réponse immunitaire inappropriée, en produisant des anticorps spécifiques de certaines protéines telles que les caséines et les protéines du lactosérum comme la β -lactoglobuline. Les enfants diagnostiqués allergiques suivent alors un régime d'éviction strict des protéines de lait de vache. Les formules de substitution sont essentiellement basées sur des préparations à base d'hydrolysats poussés de protéines, voire d'acides aminés libres pour les cas d'allergie les plus sévères. Aujourd'hui, des équipes de l'Inra s'intéressent à la digestibilité des différentes formulations infantiles et à leur impact tant sur le microbiote intestinal que sur la maturation du système immunitaire en lien avec le développement ultérieur d'une allergie.

Structure de la caséine protéolysée.
© Inra - M. Rousseau





Plateforme Lait
UMR STLO © Inra



QU'EN EST-IL DES ALLERGIES AU LAIT DE CHÈVRE ?

Les protéines de lait de chèvre ou de brebis sont similaires à celles de la vache à plus de 85 %. La majorité des patients allergiques au lait de vache vont donc déclencher des réactions allergiques au lait de chèvre. Cependant, ces dernières années, on observe une forte augmentation du nombre des allergies au lait de chèvre sans allergie au lait de vache. Celles-ci touchent principalement des enfants plus âgés, polyallergiques, avec des réactions sévères déclenchées par des doses infimes de lait. Souvent, les accidents sont liés à la présence fortuite de lait de chèvre dans du lait de vache (du fait de contamination au niveau des ateliers de production mixtes) ou à l'utilisation de lait de chèvre comme ingrédient dans des aliments complexes (en tant qu'exhausteur de goût, par exemple, dans les pizzas, lasagnes, viandes reconstituées...). À l'Inra, une équipe a réussi à identifier les éléments responsables spécifiquement de cette allergie au lait de chèvre. Les chercheurs ont mis au point un test de détection de lait de vache contaminé par du lait de chèvre. En moins de 4 heures, leur outil est capable de déceler 0,000001 litre de lait de chèvre dans 1 litre de lait de vache !

LAITS DE JUMENT OU D'ÂNESSE : UNE ALTERNATIVE ?

Les protéines contenues dans les laits de jument, ânesse ou chamelle sont moins homologues aux protéines de lait de vache (moins de 60 %) que celles des laits de chèvre et de brebis. Ces laits sont ainsi souvent mieux tolérés par les personnes allergiques au lait de vache, ce qui les désigne comme de bons candidats pour se substituer au lait de vache. Encore faut-il travailler à l'élaboration de préparations infantiles qui répondent pleinement aux besoins nutritionnels de l'enfant.

Attention aux « laits » végétaux (type lait de coco, amande, noisette, avoine...) : ils ne peuvent pas se substituer au lait de vache et sont à exclure chez les nourrissons car ils seraient sources de carences nutritionnelles. D'ailleurs, ces produits doivent désormais être appelés « jus végétaux » pour éviter tout malentendu quant à leur composition nutritionnelle !

CONTACTS

Stéphane Hazebrouck
stephane.hazebrouck@inra.fr / 01 69 08 45 97

Karine Adel-Patient
karine.adel-patient@cea.fr / 01 69 08 45 83

Service de pharmacologie et d'immunoanalyse (CEA, Inra)
Centre Inra Ile-de-France-Jouy-en-Josas

● UNE ALLERGIE DIFFICILE À ● DIAGNOSTIQUER : LE SEIPA

Le Syndrome d'entérocolite induite par les protéines alimentaires (SEIPA) est une pathologie qui se manifeste par des vomissements intenses et répétés survenant quelques heures après l'ingestion d'un aliment spécifique. Elle est notamment induite par le lait de vache, cette forme d'allergie au lait affectant 0,34 % des enfants de 12 mois. Il s'agit d'une allergie alimentaire non médiée par des IgE, dont les acteurs et les mécanismes sont encore mal connus : il n'est donc pas possible de diagnostiquer les enfants touchés par le SEIPA par un dosage sanguin d'anticorps, et aucun marqueur spécifique n'est disponible. Une étude récente a permis de démontrer que la réponse immunitaire spécifique des protéines alimentaires n'est pas détectable en périphérie, alors que des analyses sur des biopsies intestinales montrent bien la présence de cellules immunitaires de l'immunité innée et adaptative. De plus, les patients atteints de SEIPA ont une signature métabolique plasmatique spécifique, qui pourrait aider à la mise en place d'outils diagnostiques pour une meilleure prise en charge de ces patients.

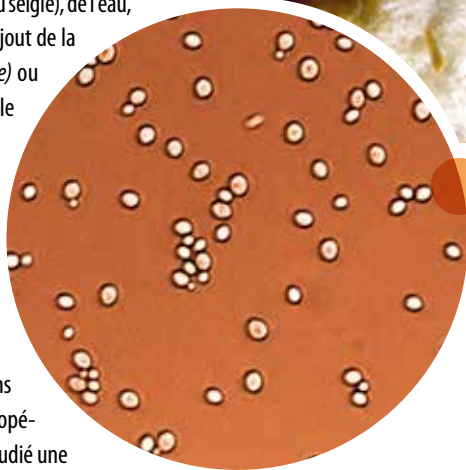
CE PAIN QUI NOUS VEUT DU BIEN

Depuis très longtemps, il occupe une place de choix dans l'alimentation quotidienne française. Sa composition en glucides complexes, protéines végétales, vitamines et minéraux, permet en effet de le recommander dans le cadre d'une alimentation équilibrée. Pétrissage, fermentation, cuisson, dégustation... les chercheurs de l'Inra décortiquent toutes les étapes de la panification jusqu'à la mastication et la digestion. Leur objectif : produire des pains digestes avec une texture et une valeur nutritionnelle au plus proche des attentes des consommateurs et des recommandations de santé publique.



UNE HISTOIRE DE BULLES...

La fabrication du pain requiert de la farine (blé ou seigle), de l'eau, du sel et repose sur la fermentation grâce à l'ajout de la levure de boulanger (*Saccharomyces cerevisiae*) ou de levain. Au synchrotron européen de Grenoble (ESRF), les chercheurs de l'Inra ont scruté de très près la pâte à pain pendant la fermentation et la cuisson. Ils se sont intéressés à la naissance des alvéoles gazeuses (les bulles) et à leur évolution. Les images obtenues par microtomographie aux rayons X leur ont permis d'avoir une vision 3D de la structure interne, de savoir quand et comment se formaient les bulles dans le pain en fonction de différentes conditions opératoires. Plus en amont, les scientifiques ont étudié une autre étape - méconnue - de la panification et qui a un impact majeur sur la structure alvéolaire du pain. Lorsque la pâte est façonnée, elle passe entre deux rouleaux contrarotatifs. Or, en modifiant l'écartement des rouleaux, il est possible de faire varier la distribution de taille des alvéoles et donc la stabilité de la pâte. La compréhension de ces phénomènes est cruciale pour dépasser une maîtrise encore empirique du processus de panification et pourra, par exemple, déboucher sur des outils d'aide à l'élaboration de produits de panification destinés aux professionnels.



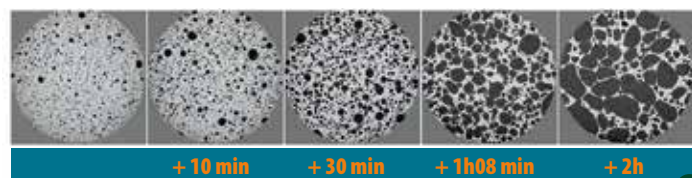
Saccharomyces cerevisiae.
 © Inra - Jean-Michel Salmon

● PÉTRINS, ● ÉTUVES & FOURS

À l'Inra d'Angers-Nantes, un fournil expérimental dispose d'une batterie de pétrins d'essais, d'étuves et de fours pour la mise en œuvre d'essais de panification. Un four instrumenté a été conçu afin de mesurer en continu les variables responsables (température, teneur en eau, expansion) des modifications physiques et biochimiques de la pâte en cours de cuisson. Cet ensemble permet de réaliser des produits aux structures alvéolaires différentes, qui sont ensuite caractérisées par analyse d'images.

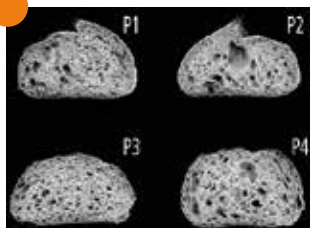
... ET DE FIBRES

Dans son Programme national nutrition santé (PNNS), le ministère de la santé recommande une évolution de l'offre et de la consommation de pain vers des produits plus complets, favorables au maintien de la santé (prévention du diabète et des maladies cardio-vasculaires). On peut enrichir le pain naturellement en augmentant la part de farine peu raffinée pour faire des pains complets, ou rechercher des variétés de blés plus riches en fibres. Des travaux de l'Inra ont consisté à ajouter des fibres spécifiques et choisies pour leurs propriétés fermentescibles. Ces fibres (oligosaccharides, hydrocolloïdes...) sont connues pour stimuler l'activité et moduler favorablement la composition du microbiote intestinal, lui-même impliqué dans le développement (ou non) de l'obésité et du diabète. Pour élaborer des pains enrichis en fibres solubles acceptables par le consommateur, il est nécessaire d'étudier l'impact de cet enrichissement à chaque étape du processus de panification.



Coupes de 9 mm de diamètre d'une pâte à pain extraites des images 3D pour 5 temps de fermentation. © ESRF

Alvéolage des pains enrichis en fibres et à teneur réduite en sel. © Inra



À l'Inra, afin d'augmenter la part des fibres fermentescibles dans le pain, des pâtes de farines de blé ont été substituées jusqu'à 29 % avec un mélange de fibres alimentaires fermentescibles composé de maltodextrines de pectines et d'inuline. Cette incorporation rend la pâte difficile à maîtriser au cours du procédé et affecte négativement la texture des pains, en augmentant leur densité. Cependant, les chercheurs ont mis en évidence que tant que la teneur en fibres est inférieure à 23 %, l'augmentation de la densité des pains est acceptable et leur alvéolage, ainsi que leur texture sont peu affectés. Des travaux complémentaires visent à tester chez l'animal l'effet « santé » de ces pains riches en fibres. Les premiers résultats montrent des effets bénéfiques vis-à-vis des troubles métaboliques liés à la nutrition (diminution du stockage des lipides dans le foie en particulier).

FIBRES ET PAIN

Fruits, légumes et céréales sont les principales sources de fibres dans notre alimentation. La consommation actuelle de fibres en France est estimée à 15-22 grammes (g) par jour alors que les recommandations nutritionnelles sont d'en consommer 30 g/jour (ANSES). La teneur moyenne en fibres du pain courant est de 3 à 5 g pour 100 g et la consommation moyenne de pain est estimée à 150 g par jour. Une augmentation de la consommation de pain et l'accroissement de la teneur en fibres du pain (teneur en fibres d'un pain complet : 7 à 9 g pour 100 g) permettront, parallèlement à la consommation de fruits et légumes, d'atteindre les objectifs nutritionnels de consommation de fibres alimentaires.



UNE BAGUETTE AVEC PLUS DE FIBRES ET MOINS DE SEL

Sans conteste le pain préféré des Français, la baguette courante est l'un des moins riches en fibres et des plus riches en sel. Des chercheurs de l'Inra ont pourtant montré qu'il est possible d'améliorer les propriétés nutritionnelles du pain, en accroissant sa teneur en fibres jusqu'à 6 g pour 100 g de pain, et en diminuant celle en sel, de 1,8 à 1 g pour 100 g, grâce à l'ajout de sons de blé (ou avec des farines moins raffinées comme la T80) et de levain, respectivement. Ils ont étudié les effets d'une telle composition sur la structure du pain et sur sa déstructuration en bouche. Ils ont confirmé que l'ajout de fibres alimentaires, notamment insolubles, conduit à une réduction du volume de la mie et à

une densification du pain. Cependant, cet accroissement de la densité, s'il a un effet plutôt bénéfique sur le plan nutritionnel, induit des conséquences néfastes sur le plan organoleptique, telles qu'une croûte moins croustillante, ainsi qu'une mie sombre, ferme et plus sensible à l'émiettement.

La réduction de la teneur en sel a peu d'impact technologique, mais des répercussions directes sur les qualités organoleptiques du pain. Une fois dans la bouche, la mastication de ce pain, plus dense, est différente. Puis, les chercheurs se sont efforcés de comprendre la cause de la diminution de l'index glycémique de ce pain plus ferme et plus dense. Ils ont également testé la perception sensorielle de ces pains auprès de consommateurs. Outre la meilleure connaissance du devenir du pain dans le tube digestif, ces travaux ouvrent des perspectives pour optimiser les profils nutritionnel et sensoriel des pains français.

CONTACTS

Guy Della Valle
guy.della-valle@inra.fr / 02 40 67 50 29

Unité Inra Biopolymères
interactions assemblages
Centre Inra Pays de la Loire

Isabelle Savary-Auzeloux
isabelle.savary-auzeloux@inra.fr / 04 73 62 47 32

Unité de nutrition humaine
(Inra, Université Clermont Auvergne)
Centre Inra Auvergne-Rhône-Alpes

● LES LILIPUTIENS DU PAIN

Jusqu'au XIX^e siècle, les boulangers faisaient leur pain au levain, ce mélange de levures et de bactéries qui fermentent avec l'eau et la farine. Ils l'ont peu à peu abandonné au profit de la levure (*Saccharomyces cerevisiae*, la fameuse levure de boulanger). Mais, depuis une dizaine d'années, on observe un regain d'intérêt pour le pain au levain, connu pour la biodisponibilité de ses minéraux et son goût caractéristique plutôt acide et fruité.

Pour la première fois en France, un projet pluridisciplinaire et participatif, Bakery, mené par l'Inra* a permis d'analyser les levains, les pains mais aussi les pratiques de 42 paysans et artisans-boulangers. Dans les levains, on distingue une centaine d'espèces de microorganismes et toujours une espèce dominante de levure et une espèce dominante de bactérie. En analysant 40 levains, les chercheurs ont mis en évidence une diversité jamais décrite auparavant dans le monde. L'espèce *Lactobacillus sanfranciscensis* domine plus de 90 % des levains. À l'inverse, l'espèce *Saccharomyces cerevisiae*, ne domine pas. Les scientifiques ont même découvert une nouvelle espèce de levure : *Kazachstania saulgeensis*.

Les paysans boulangers façonnent leurs pains avec leur propre blé, leur propre farine (souvent moulue sur meule de pierre). Les artisans-boulangers quant à eux achètent leur farine. Les chercheurs ont révélé que l'environnement du fournil, les pratiques et le savoir-faire boulanger influencent la diversité microbienne des levains. Plus encore, ils ont montré que les arômes des pains dépendent à la fois de cette diversité microbienne des levains mais également des terroirs des blés. Maintenir les pratiques boulangères des paysans et artisans permettrait donc de mieux conserver la biodiversité. Le développement de filières locales pourrait donc promouvoir une diversité des goûts et une qualité nutritionnelle des pains et maintenir une boulangerie artisanale ou paysanne durable.

* Ce projet ANR a été mené par six unités de recherche Inra mais aussi d'autres institutions (ITAB, ONIRIS, Université de Brest Occidentale), des associations de paysan-boulangers (RSP et Triptolème) et 42 boulangers et paysan-boulangers.

Caractéristique visuelle des pains au levain : leurs alvéoles sont plus allongées que celles des pains à la levure. © Bakery



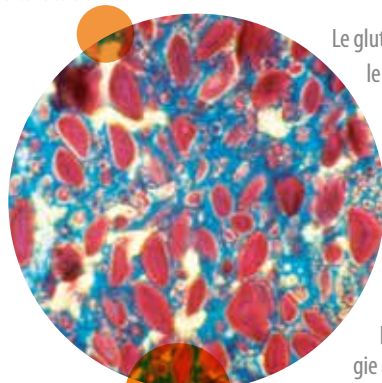
CONTACT

Delphine Sicard

delphine.sicard@inra.fr / 04 99 61 25 05

Unité Sciences pour l'œnologie
 (Inra, Montpellier SupAgro, Université Montpellier)
 Centre Inra Occitanie-Montpellier

Réseau de gluten de blé dur.
 © Inra - Daniel Gallant



CONTACT

Catherine Grand-Ravel

catherine.grand-ravel@inra.fr
 04 43 76 15 63

Unité génétique diversité
 et écophysiologie des céréales (Inra,
 Université Clermont II Blaise Pascal)
 Centre Inra Auvergne-Rhône-Alpes

● DU GLUTEN, ● DES BLÉS ET DES PAINS

Le gluten (du latin *glue* qui signifie colle) est formé à partir de certaines protéines des céréales, principalement le blé mais également les épeautres, le seigle, le triticale, l'orge. Au moment de l'hydratation de la farine et du pétrissage, le gluten forme un réseau continu qui confère à la pâte ses propriétés visco-élastiques uniques. Cependant, le gluten peut être à l'origine de problèmes de santé : allergie au blé, maladie cœliaque ou sensibilité non-cœliaque au gluten (SNCG).

Entre 0,5 et 9 % des enfants européens sont touchés par l'allergie alimentaire au blé qui est liée à diverses protéines de blé (dont les protéines génératrices de gluten, mais pas seulement). La maladie cœliaque (ou intolérance au gluten) affecte entre 1 et 1,5 % de la population et apparaît chez des personnes génétiquement prédisposées. Il s'agit non plus d'une réaction allergique mais d'une pathologie auto-immune dont le traitement repose sur un régime strict sans gluten. Il reste la SNCG qui est mal caractérisée et difficile à diagnostiquer en l'absence de biomarqueur clinique. Les symptômes sont digestifs (douleurs abdominales, gaz, ballonnements, transit irrégulier...) et/ou extra-digestifs. Chez l'enfant, il s'agit principalement de symptômes digestifs (douleurs abdominales et diarrhée chronique) sans perte de poids.

C'est dans ce contexte que le projet ARN GlutN coordonné par l'Inra a démarré en janvier 2018. Il consiste à élucider les mécanismes responsables de la SNCG, évaluer sa prévalence et rechercher des biomarqueurs cliniques. Le gluten et l'amidon de 75 lignées de variétés de blé anciennes et modernes vont être analysés. Sur la base des données génétiques et phénotypiques, des lignées seront choisies et panifiées. Des analyses sensorielles permettront de sélectionner des pains dont la digestion sera étudiée grâce à un digesteur artificiel. Enfin, le projet inclut une étude clinique visant à mieux comprendre cette sensibilité qui dans une dernière étape testera la tolérance de ces « nouveaux » pains chez des patients SNCG. Résultats attendus à partir de 2022.

LES AGRUMES, DES FRUITS BONS POUR NOS ARTÈRES

Les agrumes sont les fruits les plus consommés dans le monde, essentiellement sous forme de jus. S'ils figurent en tête des fruits les plus riches en vitamines, ils sont également source d'une catégorie particulière de polyphénols : les flavanones. Qu'il s'agisse de l'hespéridine dans l'orange ou de la naringine dans le pomelo, les chercheurs de l'Inra ont mis en évidence le rôle protecteur contre les maladies cardiovasculaires de cette famille de molécules.

Si l'orange est le fruit entier le plus consommé au monde, le pamplemousse figure au 8^e rang. Riches en vitamine C, les agrumes contiennent des flavanones : des composés bioactifs que l'on retrouve largement dans l'orange (jusqu'à 0,9 g/100 g ; soit 10 fois plus que la teneur moyenne en vitamine C du fruit), les clémentines, les mandarines et les pomelos. À noter : le fruit entier est trois fois plus riche en flavanones que le jus. En effet, ces polyphénols se concentrent principalement dans les parties solides des fruits. Malgré ces différences de teneurs, les flavanones présentes dans le jus étant plus solubles que celle du fruit, elles sont aussi plus biodisponibles. *In fine*, les niveaux d'absorption de flavanones sont comparables entre les fruits et les jus.

● POMELO

Il est le 8^e fruit le plus consommé par les Français avec 3 kg par an et par ménage acheteur. La France est le 5^e pays producteur en Europe.



DES POLYPHÉNOLS FACILES À BOIRE

Le taux de mortalité par maladies cardiovasculaires est réduit de 20 % chez les forts consommateurs de flavanones. Les chercheurs de l'Inra s'intéressent depuis longtemps au devenir des polyphénols dans l'organisme et à leurs effets sur les facteurs de risque cardiovasculaire. Chez l'homme, ils ont déjà mis en évidence la contribution de l'hespéridine dans l'effet de la consommation du jus d'orange sur la réduction de la pression diastolique et l'amélioration de la capacité de dilatation des vaisseaux.

Plus récemment, les scientifiques ont, pendant 6 mois, fait boire à des femmes ménopausées et en léger surpoids (plus susceptibles de développer des maladies cardiovasculaires) soit du jus de pamplemousse naturellement riche en naringine, soit une boisson reproduisant la composition du jus mais sans flavanone. Les résultats montrent qu'une consommation régulière de jus de pamplemousse (330 ml par jour) diminue significativement la rigidité artérielle, un des principaux risques de maladies cardiovasculaires. Cet effet protecteur est associé à la présence de naringine.



● ORANGE ● ET JUS D'ORANGE

Avec 6 kilos par habitant et par an, les oranges sont les 2^e fruits les plus consommés en France. Le jus d'orange est le jus le plus consommé avec 24 litres par habitant et par an. En France, les enfants sont les premiers consommateurs de jus d'orange.

LES ENFANTS, GRANDS CONSOMMATEURS DE JUS D'ORANGE

En consommant du jus d'orange de façon régulière et modérée, les enfants profitent des avantages nutritionnels de cet agrume, notamment liés à sa richesse en vitamines. Par ailleurs, il est avéré qu'une consommation régulière de fruits et légumes chez les enfants aide à prévenir le risque de développer des pathologies cardiovasculaires à l'âge adulte. Les enfants étant des consommateurs privilégiés de jus d'orange, ils pourraient bénéficier aussi, et à long terme, de ses effets protecteurs pour la santé.



- Les Français ont une consommation de jus de fruits assez modérée. Alors qu'une portion de jus de fruits correspond à un verre de 200 ml, on constate que les quantités consommées sont bien inférieures avec, en moyenne, 124 ml/jour chez les enfants, 163 ml chez les adolescents et 117 ml chez les adultes consommateurs.

[sources : Credoc 2016]

- Les recommandations de santé publique préconisent de ne pas consommer plus d'un verre de jus de fruit par jour (qui, dans cette limite, peut compter pour une portion de fruits et légumes). À privilégier : la consommation de jus de fruits frais pressés.

DES RECHERCHES À POURSUIVRE...

Compte tenu de ces résultats, les atouts des flavanones devraient être pris en compte pour améliorer la qualité nutritionnelle des jus. Des recherches cliniques approfondies seraient nécessaires pour déterminer les teneurs optimales d'hespéridine et de naringine dans le jus pour atteindre les effets bénéfiques sur la protection vasculaire. Ces travaux pourraient alors conduire à des recommandations en termes de portions quotidiennes de jus d'orange sans sucre ajouté, voire de fruits entiers. Par ailleurs, les producteurs d'agrumes et les industriels de la filière pourraient également participer à l'optimisation des teneurs en flavanones dans les jus, en sélectionnant des variétés de fruits naturellement riches en flavanones et/ou en modifiant les procédés de fabrication.

CONTACT

Christine Morand
christine.morand@inra.fr / 04 73 62 40 84

Unité de nutrition humaine
 (Inra, Université Clermont Auvergne)
 Centre Inra Auvergne-Rhône-Alpes

Dans le laboratoire de l'AGAP-Corse, les chercheurs étudient les qualités organoleptiques des agrumes. © Inra - Christophe Maître

● POMELO OU ● PAMPLEMOUSSE ?

Un abus de langage... À la cantine, on ne mange pas de pamplemousse mais des pomelos ! Le pomelo (*citrus paradisi*) est issu de l'hybridation du pamplemousse (variété peu consommée en Occident) et de l'orange. Il est né au XIX^e siècle aux Antilles. Ses fruits peuvent atteindre 20 cm de diamètre et ont une chair jaune, rose ou rouge, de saveur agréable. Le pomelo est riche en vitamine C (37mg/100g). Il n'a rien à voir avec le vrai pamplemousse (*citrus grandis*) qui peut dépasser les 30 cm de diamètre, peser plusieurs kilos et qui est utilisé au Japon depuis plus de 4000 ans comme fruit hydratant et purificateur de la peau.

En Corse, l'Inra héberge l'une des quatre plus importantes collections d'agrumes au monde : le conservatoire des agrumes de San Giuliano Inra-Cirad. Plus de 1100 variétés de bergamotes, cédrats, clémentines, limes, kumquats, combavas et bien sûr d'oranges, citrons, pomelos et pamplemousses... y sont cultivés sur 14 hectares.





TOUS À LA CANTINE

BONNE NOTE POUR LA CANTINE SCOLAIRE !

En France, plus d'un élève sur deux mange à la cantine. En 2016, des chercheurs de l'Inra se sont intéressés à la qualité nutritionnelle des repas servis à l'école primaire. Ils soulignent l'intérêt nutritionnel des critères qui fixent la fréquence de service des plats et montrent que si on s'éloigne trop de ces critères, notamment pour les plats dits protidiques, la qualité nutritionnelle est moins bien assurée.

QUELLE QUALITÉ POUR LES REPAS PRIS À L'ÉCOLE ?

S'intéressant à la qualité nutritionnelle des repas servis dans des écoles primaires, des chercheurs de l'Inra, en collaboration avec le bureau d'études MS-Nutrition, ont analysé 40 séries de 20 repas. Pour chaque plat, ils disposaient de sa fiche technique, fournie par des structures de restauration collective. La qualité nutritionnelle des séries observées a été estimée par l'adéquation nutritionnelle moyenne (ANM), un indicateur qui reflète l'adéquation entre les teneurs en nutriments protecteurs (protéines, fibres, vitamines, minéraux, acides gras essentiels...) dans les repas et les recommandations d'apports de ces nutriments pour les enfants.

Les chercheurs ont ainsi mis en évidence que les séries observées respectaient en moyenne 9,7 critères fréquentiels sur 15. Dans les séries observées, les repas apportaient en moyenne 36 % des recommandations d'apports journaliers en énergie. La moitié des besoins journaliers en nutriments protecteurs était assurée par ce simple repas de midi (ANM 49 %) dont la qualité nutritionnelle est donc, en moyenne, très bonne. Il existe ainsi une bonne adéquation entre la composition des repas offerts aux enfants et leurs besoins nutritionnels.



LES CRITÈRES QUI FIXENT LA FRÉQUENCE DE SERVICE DES PLATS AMÉLIORENT LA QUALITÉ NUTRITIONNELLE DES REPAS

Cinq scénarios ont également été simulés afin d'évaluer l'intérêt des critères fréquentiels pour la qualité nutritionnelle des repas. Les scientifiques ont montré que, dans les séries simulées, plus les critères fréquentiels sont respectés, plus la qualité nutritionnelle augmente.

L'ANM la plus élevée obtenue pour le scénario « Respect total des critères », confirme l'intérêt nutritionnel des directives. Le scénario « Retrait du plat protidique » a la plus faible ANM, encore plus faible que le scénario « Aucun respect des critères ». Cette mauvaise qualité nutritionnelle s'explique par le fait que les plats protidiques apportent la majeure partie des protéines et contribuent aussi de façon majoritaire aux apports en de nombreux nutriments indispensables à la santé comme les acides gras oméga 3 à longue chaîne, les vitamines B3, B6, B12 et D, le fer, le zinc, l'iode et le sélénium.

Quant aux séries « Remplacement des viandes et poissons » qui consistent à remplacer les plats protidiques contenant de la viande ou du poisson par des plats n'en contenant pas, leur ANM est comprise entre celles des séries « Retrait du plat protidique » et « Aucun respect ». Leur médiocre performance nutritionnelle s'explique à la fois par la perte des nutriments indispensables apportés par la viande et le poisson et par le fait que les plats actuellement servis dans les écoles en remplacement de la viande ou du poisson sont peu diversifiés. En effet, ces plats, considérés comme « végétariens », consistent essentiellement en des plats à base d'œufs et/ou de fromage et de céréales raffinées (quiches, tartes salées, quenelles, riz en sauce...) et sont de faible qualité nutritionnelle.

Cette étude est la première à avoir étudié finement les implications, en termes de qualité nutritionnelle, des critères fréquentiels de service des plats définis par les directives françaises. Elle démontre que le suivi de ces critères impacte positivement la qualité nutritionnelle des séries de repas. Elle montre aussi que la généralisation du service de repas sans viande ni poisson détériorerait la qualité nutritionnelle de la restauration scolaire, si un effort concomitant n'est pas fait sur la composition des plats servis en substitution à la viande et au poisson. Ces résultats soulignent la nécessité de mieux définir ce qu'est un plat « végétarien », et de mieux préciser la place de ces plats en restauration scolaire.



● RÈGLEMENTATION ET RECOMMANDATIONS ● DE SANTÉ PUBLIQUE

La restauration scolaire est encadrée par une réglementation et des recommandations relatives à la qualité nutritionnelle des repas. Ces directives poursuivent un objectif nutritionnel de santé publique et visent à éduquer les enfants au goût et à la diversité alimentaire, tout en tenant compte de leurs habitudes alimentaires et des contraintes des professionnels du domaine. La composition des repas servis dans les cantines scolaires est encadrée par des critères nutritionnels (décret n°2011-1227 du 30 septembre 2011). Ces critères fixent la fréquence de service des aliments : légumes, entrées grasses, poissons... Ainsi, à l'école, les repas comprennent quatre ou cinq plats (entrée, plat protidique, accompagnement, produit laitier, dessert) et doivent respecter une liste de 15 critères fréquentiels - par ex. les plats protidiques ayant un rapport protéines/lipides ≤ 1 ne doivent pas être servis plus de deux fois dans une série de 20 repas successifs.

Par ailleurs, dans le cadre de la nouvelle lecture de la loi agriculture et alimentation, pendant deux ans, à titre d'essai, toutes les écoles devront « proposer, au moins une fois par semaine, un menu végétarien » comme le précise l'amendement voté en septembre 2018 à l'Assemblée nationale.

CONTACT

Nicole Darmon

nicole.darmon@inra.fr / 04 91 29 40 97

Unité marchés, organisations, institutions et stratégies d'acteurs

(Inra, Cirad, CIHEAM-IAMM, SupAgro, Montpellier)

Centre Inra Occitanie-Montpellier

LÉGUMES VERTS : PRÉSERVER AU MIEUX LEURS VITAMINES

Parce qu'ils sont peu caloriques (du fait de leur richesse en eau et leur faible teneur en lipides) et sources de fibres, vitamines, minéraux... les légumes – comme les fruits – sont des aliments particulièrement importants pour notre alimentation. Parmi eux, les légumes verts représentent une proportion importante des apports en folates (vitamine B9) et vitamine C. Ils sont par ailleurs souvent consommés après transformations, notamment sous forme de conserve, surgelé ou de produit cuit-réfrigéré. Comment optimiser ces processus de transformation pour préserver le profil nutritionnel des légumes ? Quels sont les traitements thermiques les mieux adaptés ? Quelles sont les meilleures conditions de stockage ? Réponses dans les labos de l'Inra...

Les folates (ou vitamine B9) jouent un rôle essentiel pour la santé humaine, notamment avant la grossesse pour prévenir l'apparition de pathologies du fœtus. Les apports conseillés sont environ de 300 microgrammes (µg) par jour chez l'adulte, de 150 à 250 µg/j chez les enfants selon la tranche d'âge. Les légumes verts sont également riches en vitamine C connue pour ses propriétés antioxydantes. Pour couvrir ses besoins en vitamines, l'homme est dépendant de son alimentation.



HARICOTS VERTS EN CONSERVE ET ÉPINARDS SURGELÉS

Par rapport aux légumes frais, les chercheurs de l'Inra ont montré que 62 % des folates sont préservés au cours du procédé de surgélation des épinards et 70 % lors de l'appertisation (mise en conserve) des haricots verts. De plus, les pertes de vitamines sont plus liées au lessivage (phénomène de dissolution des nutriments dans les liquides de lavage, de cuisson ou de couverture) qu'aux traitements thermiques. L'étape de lavage des épinards est particulièrement critique, de même que la présence de liquide de recouvrement dans les conserves de haricots verts.

LA MEILLEURE CUISSON DES LÉGUMES VERTS ?

Les traitements seulement thermiques, comme la cuisson à la vapeur, n'induisent pas de perte en folates mais des pertes en vitamine C, de l'ordre de 35 % pour les épinards. Les résultats sont différents si les légumes cuisent en contact avec l'eau : les pertes varient entre 20 % pour les haricots verts et 50 % pour les épinards. La vitamine C est donc un peu plus sensible à la température que les folates. Par ailleurs, plus que l'intensité du traitement thermique subi, la présence ou l'absence d'oxygène est un paramètre déterminant de l'intégrité des vitamines. L'absence d'oxygène durant les étapes de chauffage permettrait de préserver les vitamines sans réduire la destruction des microorganismes. Les chercheurs ont testé l'effet de la cuisson à l'eau versus vapeur pour de nombreux autres légumes surgelés et les résultats vont dans le même sens. Partout, y compris à la maison et à la cantine ; il faut donc préférer la cuisson des légumes à la vapeur ou ne pas les cuire dans beaucoup d'eau.

LES LÉGUMES VERTS AU FRIGO ?

10°C : une température courante pour le bac à légumes de nos réfrigérateurs. À cette température, en 6 à 7 jours, les teneurs en vitamine C ou B9 sont réduites de moitié. Au cours de la conservation, maintenir les produits finis en absence d'oxygène pourrait contribuer à réduire à la fois les pertes en vitamines et la croissance des microorganismes.

Mieux vaut donc cuisiner ses légumes rapidement une fois achetés ! Cependant, les légumes en conserve ou surgelés représentent une bonne alternative. Leur qualité nutritionnelle est finalement peu dégradée au cours des traitements industriels tandis que leur praticité et leur coût sont avantageux.

CONTACT

Catherine Renard

catherine.renard@inra.fr / 04 32 72 25 28

Unité sécurité et qualité des produits d'origine végétale
 (Inra, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse)
 Centre Inra Provence-Alpes-Côte d'Azur

● FAIRE AIMER LES LÉGUMES ● [MÊME VERTS !] AUX ENFANTS

Les légumes sont les aliments les moins appréciés des moins de 2 ans ! Et leur consommation reste inférieure aux recommandations de santé publique. Pourtant, leurs intérêts nutritionnels ne sont plus à démontrer. Dans le cadre du projet européen HabEat (2010-2014) coordonné par l'Inra, les chercheurs ont étudié les déterminants de la formation des habitudes alimentaires notamment comment un enfant peut apprendre à aimer un nouveau légume, si certains modes d'apprentissage sont plus efficaces que d'autres et si cela diffère en fonction de l'âge de l'enfant.

Ce projet a reposé sur le suivi de 18 000 couples mères-enfants de la naissance jusqu'à 4 ans et a permis de conduire 18 études (au total près de 2 000 enfants entre 6 mois et 6 ans).

Les principaux résultats :

- Un allaitement maternel plus long est associé à une fréquence de consommation de fruits et légumes plus élevée lors de l'enfance.
- L'introduction d'une variété de légumes (sous forme de purée) au début de la période de diversification est associée à une meilleure acceptation de nouveaux légumes à court ou moyen terme.
- Le fait de présenter plusieurs fois (exposition répétée) un légume nouveau est suffisant pour en augmenter sa consommation même chez les enfants décrits comme 'difficiles' par leurs mères.
- Il est difficile d'augmenter la consommation d'un légume déjà familier pour des enfants entre 3 et 6 ans. Une stratégie qui pourrait accroître la consommation de légumes serait de leur laisser le choix parmi deux légumes.

Ces résultats ont été traduits en recommandations destinées aux professionnels de la petite enfance, pédiatres, décideurs politiques chargés de définir la politique nutritionnelle, mais aussi aux industriels de l'agro-alimentaire. Un guide à destination des parents a été préparé sur la base des résultats du projet et de précédentes données de la littérature, accessible en ligne www.habeat.eu/media/file/BookletHabEat_FRENCH.pdf



CONTACTS

Sophie Nicklaus

sophie.nicklaus@inra.fr / 03 80 69 35 18

Sylvie Issanchou

sylvie.issanchou@inra.fr / 03 80 69 30 76

Centre des sciences du goût et de l'alimentation
 Centre Inra Bourgogne Franche Comté

DES LÉGUMINEUSES DANS LES PÂTES

C'est bien connu, les pâtes font partie des plats préférés des enfants (et pas seulement !). Avec 8 kg par habitant et par an en 2015, la France est le 10^e pays plus grand consommateur de pâtes dans le monde et le 4^e en Europe.

Traditionnellement, les pâtes alimentaires sont fabriquées à partir de semoule de blé dur. Du point de vue nutritionnel, leur indice glycémique est faible mais les pâtes au blé sont pauvres en certains acides aminés indispensables (notamment en lysine). De plus, chez les personnes intolérantes au gluten, leur consommation peut entraîner des troubles digestifs.

Sur le marché, il existe des pâtes à base de céréales sans gluten (riz, maïs, millet, quinoa et amarante) mais elles restent pauvres en protéines (8 % contre 12 à 13 % du poids sec pour une pâte classique au blé dur). Depuis 15 ans, les chercheurs de l'Inra et Montpellier SupAgro travaillent à la fabrication de pâtes d'un genre nouveau à base de légumineuses. Dans le cadre des programmes Pastaleg et VEGAGE, ils ont mis au point un procédé innovant de fabrication de pâtes qui contiennent de 35 à 100 % de légumineuses (temps de cuisson optimale : 10 minutes) et qui résistent bien à la cuisson et à la surcuisson. Sans gluten et contenant jusqu'à 2,5 fois plus de protéines que dans les céréales (24 à 28 % de leur composition), les pâtes aux fèves, lentilles et autres pois... sont une alternative en nutrition humaine, tout particulièrement pour les populations intolérantes au gluten.

Avec les équipes du CHU de Montpellier et d'AgroParisTech, les chercheurs de l'Inra et Montpellier SupAgro ont testé et comparé auprès de 15 personnes volontaires, des pâtes contenant 35 % de légumineuses et des pâtes au blé*. La glycémie et l'insulinémie postprandiale, la satiété et le confort digestif ont été analysés. Les résultats ont montré que les pâtes aux légumineuses conservent de manière intéressante le même index glycémique que les pâtes au blé, sans provoquer de troubles intestinaux. Elles sont enrichies en protéines et sont mieux équilibrées en acides aminés essentiels. Dans le cadre du projet VEGAGE, des tests d'acceptabilité sensorielle ont montré que ces pâtes sont aussi bien, voire mieux appréciées que les pâtes complètes ou sans gluten du commerce. Ces travaux ont permis d'évaluer *in vivo* chez des rats en croissance et des rats âgés les bénéfices nutritionnels de pâtes mixtes blé/légumineuses. Les résultats sont prometteurs.

* Cette étude Pastaleg In Vivo a été réalisée dans le cadre d'un financement chercheur d'avenir de la région Languedoc-Roussillon en 2009.



- La couleur des pâtes varie en fonction de la légumineuse : du beige pour les pâtes à base de fève au bleuté pour celles à base de lentilles vertes.

CONTACTS

Valérie Micard

valerie.micard@supagro.fr / 04 99 61 28 89

Ingénierie des agropolymères
et technologies émergentes
(Inra, SupAgro, CIRAD, Université de Montpellier)
Centre Inra Occitanie-Montpellier

Stéphane Walrand

stephane.walrand@inra.fr / 04 73 60 82 76

Unité nutrition humaine
(Inra, Université Clermont-Auvergne)
Centre Inra Auvergne-Rhône-Alpes

DES PRODUITS LOCAUX, SI POSSIBLE BIOLOGIQUES, DANS LES CANTINES

3,7 milliards de repas chaque année : c'est le poids que représente la restauration collective, dont un milliard concerne les cantines scolaires. Issu des Etats généraux de l'alimentation, le projet de loi agriculture et alimentation a suscité de vifs débats. Une de ses mesures phares a néanmoins été confirmée : atteindre 50 % de produits issus de l'agriculture biologique, locaux ou sous signe de qualité à l'horizon 2022 dans la restauration collective publique, dont 20 % en bio. De nombreuses collectivités territoriales n'ont toutefois pas attendu la loi pour introduire des produits locaux, si possible bio, dans les cantines. Les chercheurs de l'Inra y voient un important levier pour faire évoluer les habitudes alimentaires mais aussi développer les filières locales. De nombreux freins restent néanmoins à lever : ils illustrent, plus largement, les défis multiples auxquels sont confrontés les circuits courts.



CIRCUITS COURTS: L'INRA FORTEMENT IMPLIQUÉ

Les circuits courts de commercialisation rapprochant producteurs agricoles et consommateurs ne sont pas nouveaux en France mais en plein renouvellement, surtout depuis la fin des années 2000. Le Réseau Mixte Technologique (RMT) « Alimentation locale », co-animé par l'Inra, fédère les organismes de recherche, de développement et de formation impliqués dans le développement des circuits courts et de proximité, rapprochant producteurs et consommateurs d'une même région. L'objectif de ce RMT est à la fois de produire une expertise collective sur ces circuits et d'identifier de nouvelles questions de recherche-développement. Au croisement de plusieurs groupes de travail du RMT, l'approvisionnement local de la restauration collective, que les chercheurs de l'Inra étudient aussi dans le cadre du métaprogramme DID'IT (voir ci-dessous), reste un sujet beaucoup plus complexe qu'il n'y paraît. Il appelle des démarches systémiques, prenant en compte toutes les composantes de l'approvisionnement.



© Inra - Yvona Giffolleau

Le métaprogramme DID'IT (Déterminants et impacts de la diète, interactions et transitions) de l'Inra a pour ambition de créer une communauté scientifique pluridisciplinaire sur les déterminants des pratiques alimentaires, les conséquences de ces pratiques sur la santé et l'environnement ainsi que les leviers pouvant faire évoluer celles-ci vers des pratiques plus durables : politiques publiques, éducation, proposition d'une offre plus durable... L'enjeu est non seulement de produire des connaissances et des méthodes mais aussi d'appuyer les décideurs publics et les acteurs économiques pour favoriser une transition vers une alimentation plus durable. Les circuits courts et de proximité, intégrant l'approvisionnement local de la restauration collective, sont l'un des leviers analysés dans le cadre de ce métaprogramme.

APPROVISIONNEMENT LOCAL : QUEL IMPACT SUR LE COÛT D'UN REPAS ?

- Une meilleure rémunération pour les producteurs
- Une meilleure connaissance par les consommateurs des modes de production et des produits
- Le renforcement du lien producteur/consommateur
- De nouveaux rôles pour les intermédiaires (artisans, coopératives, marchés d'intérêt national, prestataires de la restauration collective...) et les collectivités (approvisionnement local, mise en place d'une politique alimentaire locale, médiation...).

LES LEVIERS DU SUCCÈS

IMPLIQUER TOUS LES PARTENAIRES / L'introduction de produits locaux en restauration collective, si possible en bio, suppose une démarche multi-acteurs et un portage politique. Le cadre des Projets alimentaires territoriaux (PAT), issu de la loi d'avenir agricole de 2014, se prête bien à cet objectif, même s'il n'a pas vocation à s'y limiter.

ACCOMPAGNER LES PROFESSIONNELS / Les producteurs doivent être accompagnés dans la compréhension des contraintes spécifiques de la restauration collective, la réglementation, la logistique, les attentes des collectivités, la réponse aux appels d'offres, la production de nouvelles denrées alimentaires satisfaisant les critères de saisonnalité des produits et de régularité des volumes, tout en étant adaptées aux goûts et habitudes alimentaires. Dans la filière maraîchage, l'enjeu est aussi souvent d'installer des producteurs ou de réorienter des exploitations (céréales ou élevage par exemple) vers une production de légumes de plein champ.

Encore beaucoup d'élus, d'agents et de gestionnaires de la restauration (en gestion directe ou en délégation) doivent être préparés à rédiger des appels d'offres et être sensibilisés aux intérêts du soutien à la production locale. Dans de nombreux cas, les producteurs s'organisent mais la demande de la restauration collective reste insuffisante. Dans un nombre croissant de situations, toutefois, les élus sont convaincus de l'intérêt de s'approvisionner localement mais veulent des résultats immédiats. Ceci est difficilement réalisable sans accompagner l'adaptation de l'offre locale et appelle une vigilance vis-à-vis des prestataires, au risque de se tourner vers du bio d'importation ou vers du local transformé localement mais à partir d'une matière première d'origine lointaine. L'enjeu est aussi de ne pas multiplier les légumeries dans un même périmètre pour assurer leur viabilité, ce qui s'observe pourtant, et de s'appuyer davantage sur l'existant.

● MODES DE GESTION ● EN RESTAURATION SCOLAIRE

Il existe deux principaux modes de gestion des cantines scolaires : d'une part la gestion directe, dans laquelle la municipalité organise elle-même l'approvisionnement et la production des repas ; d'autre part la gestion concédée, dans laquelle une municipalité délègue à un prestataire externe (principalement des entreprises privées) l'approvisionnement en denrées et la production des repas. On estime qu'au niveau national, la part de la gestion directe est d'environ 65 % et qu'en moyenne, l'approvisionnement local et bio est plus développé dans les structures en gestion directe.

SENSIBILISER LES CONVIVES ET RASSURER LES PARENTS /

Les convives, enfin, doivent être sensibilisés au projet. Les travaux ont montré que les enfants font preuve d'ouverture face à une alimentation différente (par exemple devant des légumes anciens comme le panais qui permettent de diversifier les produits de saison).

L'introduction de produits locaux est aussi souvent l'occasion de réviser les portions pour mieux les adapter à l'appétit des enfants, si bien que le gaspillage de nourriture, habituellement de 30 à 40 % dans les cantines scolaires, est moindre.

L'introduction de produits locaux a des retours très positifs quand elle s'accompagne d'animations : rencontres avec les producteurs, visites de fermes, éducation au goût, intervention de diététiciens...

Elle ouvre ainsi sur d'autres réflexions : empreinte écologique, réduction des déchets, lutte contre le gaspillage...

Les parents, néanmoins, sont parfois inquiets : et si mon enfant n'aimait pas ? N'avait plus suffisamment à manger ? Et si ça me coûtait plus cher ? Non, beaucoup d'expériences le montrent aujourd'hui, les repas peuvent être bons, sains, rester dans le même niveau de prix, tout en soutenant l'agriculture locale et sa transition vers le bio.

Plusieurs personnalités médiatiques ont lancé dans la presse, début septembre 2018, un appel pour la création d'un « bonus » visant à soutenir l'essor de l'alimentation locale et bio dans les cantines scolaires et hospitalières : à suivre !

Le personnel technique doit recevoir une formation, non pas pour réapprendre à cuisiner, mais pour réfléchir à comment faire autrement : intégrer de nouveaux grammages, travailler de nouveaux produits, construire des menus différents sans surcoût (par exemple en utilisant davantage de protéines végétales, plus de produits frais et moins de surgelés...).

AMÉLIORER L'APPROVISIONNEMENT / L'approvisionnement est une question cruciale car la logistique peut alourdir les coûts, en particulier en zones urbaines denses. Pour répondre à ce défi, les producteurs doivent se structurer et par exemple mettre en place des plates-formes d'approvisionnement spécialisées en restauration collective. L'enjeu est toutefois de s'organiser efficacement sans reproduire les circuits longs déjà existants et en répondant aux enjeux des circuits courts (rémunération, lien social...), d'où l'intérêt des plates-formes coopératives, encore à l'essai, associant producteurs, collectivités, consommateurs et acteurs économiques des territoires.

Suite à l'évolution du code des marchés publics, différents leviers sont à la disposition des collectivités pour favoriser un approvisionnement de proximité, comme par exemple l'allotissement des marchés ou bien la prise en compte de facteurs autres que le prix dans les appels d'offre (coût du cycle de vie, développement des approvisionnements directs issus de l'agriculture...).



● COÛT D'UN REPAS ● EN RESTAURATION SCOLAIRE

Le coût de la matière première d'un repas en restauration collective est en moyenne de 20 % du coût total du repas. Des exemples montrent que l'introduction de produits locaux, même s'ils sont un peu plus chers, sur une partie de l'offre, n'augmente pas le prix du repas de façon significative, surtout si une nouvelle organisation est mise en place permettant par exemple de réduire le gaspillage ou de rééquilibrer la part des protéines végétales.

CONTACTS

Yuna Chiffolleau

yuna.chiffolleau@inra.fr / 04 99 61 28 84

Unité innovation et développement dans l'agriculture et l'alimentation
Centre Inra Occitanie-Montpellier

Frédéric Wallet

frederic.wallet@agroparistech.fr / 01 44 08 16 86

Emmanuel Raynaud

emmanuel.raynaud@agroparistech.fr / 01 44 08 16 86

Unité science pour l'action et le développement : activités, produits, territoires
Centre Inra Versailles-Grignon

HALTE AU GASPILLAGE!

Dans le monde 1,3 milliard de tonnes de denrées alimentaires sont jetées chaque année. En France, 10 millions de tonnes de déchets alimentaires sont produites chaque année, soit plus de 300 repas de 500 grammes par personne et par an. En parallèle, 4 millions de français sont en situation d'insécurité alimentaire. Les chercheurs de l'Inra étudient comment réduire les pertes et gaspillage alimentaire, tout particulièrement dans les milieux urbains. Dakar, Chicago, Montpellier, Antananarivo ont fait l'objet d'études dans le cadre du projet Inra/Cirad « P-G & City » centré sur le développement d'une méthodologie pour l'étude du métabolisme urbain au nord et au sud. En 2016 dans la région de Montpellier, les scientifiques de l'Inra se sont intéressés au gaspillage alimentaire dans la restauration collective scolaire.



© Inra - Jean Weber

À partir de 2013, le contexte politique autour du gaspillage a évolué. Un pacte collectif (Pacte national « anti-gaspi ») a été signé, définissant le gaspillage alimentaire comme « toute nourriture destinée à la consommation humaine qui, à une étape de la chaîne alimentaire est perdue, jetée, dégradée ».

Depuis 2015, chaque service de restauration collective publique doit mettre en place un plan de prévention du gaspillage alimentaire (Loi de transition énergétique d'août 2015).

En 2016, la sensibilisation à la lutte contre le gaspillage alimentaire est intégrée dans le parcours scolaire (Loi du 3 février 2016 relative à la lutte contre le gaspillage alimentaire).

QUANTIFIER LE GASPILLAGE DANS LES CANTINES

Pendant 23 jours, une équipe de l'Inra a enquêté dans 9 cantines d'écoles élémentaires périurbaines. Ce sont 3 810 repas qui ont été triés, froids ou chauds, en libre-service ou en service à table. Plusieurs pesées ont été faites pour quantifier le gaspillage :

- les denrées livrées au restaurant scolaire
- les denrées servies aux enfants et non consommées par les enfants
- les restes non servis
- les denrées récupérées (au goûter par exemple)
- les déchets alimentaires provenant des restes non servis.

Les résultats montrent que le poids moyen de gaspillage est de 137 grammes par repas (pour un repas moyen de 479 g). 28 % du repas n'est donc pas consommé et il s'agit souvent de l'accompagnement (42 %) et du pain (27 %).

Le niveau du gaspillage est similaire entre service à table et self-service. En situation de service à table, si les enfants gaspillent moins grâce à l'accompagnement par le personnel et parce qu'ils peuvent choisir la taille de la portion, il y a plus de restes non servis en cuisine. En effet, les quantités initialement prévues par enfant sont les mêmes. Par ailleurs, l'environnement des repas et la composition des menus sont deux paramètres dont il faut tenir compte.



CHIFFRES CLÉS DU GASPILLAGE ALIMENTAIRE

EN EUROPE : **88 millions de tonnes** gaspillées en 2012, pour la population de l'Union européenne à 28, soit environ 173 kg par personne (soit près de 20 % des aliments produits pour une valeur moyenne de 300€ par personne et par an)
143 milliards d'euros par an environ : coût annuel du gaspillage

(source FUSIONS - Food Use for Social Innovation by Optimising Waste Prevention Strategies)

EN FRANCE : **10 millions de tonnes**, soit environ 150 kg par personne gaspillés
16 milliards d'euros : valeur théorique du gaspillage par an
1/3 des pertes générées au niveau de la consommation
29 kilos de nourriture par habitant jetée chaque année à la maison

(source Ademe 2016)

CONTACT

Barbara Redlingshofer

barbara.redlingshofer@inra.fr / 01 42 75 92 49

Unité sciences pour l'action et le développement : activités, produits, territoires
 Centre Inra Ile-de-France-Versailles-Grignon

DES PISTES D'ACTION POUR LUTTER CONTRE LE GASPILLAGE ?

Beaucoup de gaspillage est constaté dans les restaurants scolaires et tous les acteurs de la chaîne (depuis les fournisseurs, les personnels des communes, des cuisines, des restaurants scolaires, le personnel de service, les animateurs et jusqu'aux enfants) prennent des décisions à l'origine de gaspillage. Cette étude menée dans des communes périurbaines dans la Métropole de Montpellier a permis de proposer plusieurs leviers pour limiter les pertes et gaspillages dans les cantines : ➤ améliorer les qualités gustatives des repas ➤ réduire la taille des portions ou proposer deux tailles de portions ➤ diminuer les quantités de pain commandé ➤ améliorer la présentation des plats ➤ rediscuter du contenu des menus avec le prestataire ➤ diminuer le bruit dans les réfectoires ➤ former le personnel à l'accompagnement des repas et à la nutrition.

Réduire le gaspillage alimentaire ne peut se faire sans un état des lieux préalable des pratiques de gestion des cantines et nécessite une bonne coordination des acteurs à différents niveaux de la chaîne. Cette étude montre qu'il existe de nombreuses marges de manœuvre au niveau local pour réduire le gaspillage tout en éduquant les enfants.

GOÛT ET COMPORTEMENT ALIMENTAIRE DES ENFANTS



Manger, ça s'apprend ! L'acte de manger est un comportement quotidien essentiel à la survie, mais aussi simple que cet acte puisse paraître, il doit s'apprendre dans les premières années de la vie. Au cours de la période utérine l'alimentation est passive mais dès la naissance l'enfant doit se nourrir de manière active, avec l'aide de sa mère, de son père ou d'autres nourriciers. Que manger, quand manger, de quelle manière, dans quelle quantité... les facettes de cet apprentissage sont nombreuses et traduisent aussi la complexité des fonctions de l'alimentation. En effet, l'alimentation couvre au moins quatre fonctions essentielles : une fonction **nutritionnelle**, par la couverture des besoins en macro- et micronutriments, une fonction **hédonique**, en procurant du plaisir lors de la consommation d'un aliment, une fonction **sociale**, en favorisant les interactions sociales lors d'occasions conviviales, festives ou non, et enfin une fonction **identitaire**, en contribuant au développement de l'identité individuelle, par exemple via l'identification à un groupe, qu'il soit culturel, religieux, ou lié à un mode de vie. Ainsi, apprendre à manger est plus complexe qu'il n'y paraît, et les chercheurs de l'Inra éclairent les périodes clés et les mécanismes de ces apprentissages.

LA FORMATION DU GOÛT, ÇA COMMENCE TÔT

LE DÉVELOPPEMENT DES PRÉFÉRENCES SENSORIELLES DES TOUT-PETITS /

Les mille premiers jours de la vie, de la conception à l'âge de 2 ans, constituent une période importante pour le développement de la santé et du comportement alimentaire. Alors que le mode d'alimentation évolue de manière drastique, le comportement alimentaire se met en place dans ses multiples facettes. Lorsque les nourrissons sont exposés à leur premier aliment (le lait !), puis lors de la diversification alimentaire, ils découvrent des propriétés sensorielles des aliments, avec une variété de goûts, de saveurs, de textures et de densités énergétiques. Des scientifiques de l'Inra ont cherché à décrypter l'implication du goût et de l'olfaction dans l'établissement précoce du comportement alimentaire. Dans la cohorte de naissance dijonnaise OPALINE (pour Observatoire des préférences alimentaires chez les nourrissons et les enfants), les préférences en matière de goût et de saveur ont été étudiées en relation avec les préférences alimentaires au cours des deux premières années. Les préférences en matière de goût et de saveur évoluent au cours de cette période. Au moment du sevrage, une préférence plus grande pour les saveurs sucrée, acide et umami a été associée à une acceptation plus élevée des aliments sucrés, aigres et umami.

À 12 mois, les rejets de l'odeur de poisson ou de fromage étaient associés au rejet des poissons et des fromages. De plus, à 20 mois, la néophobie alimentaire (c'est-à-dire le refus de goûter des aliments inconnus) était associée à une réactivité différentielle selon l'odeur mais pas à une réactivité différentielle selon la saveur, ce qui révèle l'importance de l'olfaction dans les réactions néophobes. D'autres études sont en cours pour examiner les effets à long terme des expositions sensorielles précoces sur les préférences alimentaires.



BÉBÉ A TOUJOURS FAIM! BÉBÉ MANGE-T-IL TROP? BÉBÉ MANGE-T-IL ASSEZ?

La question du contrôle par le nourrisson des quantités qu'il mange reste un mystère. Pourtant, être capable d'ajuster les quantités mangées aux besoins énergétiques est indispensable pour assurer une croissance optimale et limiter une prise de poids excessive. Les chercheurs de l'Inra mènent un projet pour mieux comprendre comment les nourrissons contrôlent leurs prises alimentaires. Comment les bébés se comportent-ils si l'énergie apportée par les aliments qui lui sont offerts est modifiée? Sont-ils capables de diminuer ou, au contraire, d'augmenter les quantités qu'ils consomment si l'énergie est diminuée ou augmentée? La période de diversification alimentaire est une période de transition durant laquelle le régime alimentaire du bébé va se complexifier, passant d'une alimentation exclusivement lactée à une alimentation diversifiée. C'est une période d'apprentissage des caractéristiques des aliments. Le projet européen HabEat coordonné par l'Inra a montré que des nourrissons de 6 mois sont capables « d'apprendre » la valeur énergétique des aliments après plusieurs expériences. Cet apprentissage conduit à une modification des quantités consommées de cet aliment. Mais qu'en est-il à l'échelle du repas? Comment la capacité à adapter les quantités consommées à l'énergie apportée par les aliments lors d'un repas évolue-t-elle autour d'un an lorsque l'alimentation du bébé se diversifie encore plus, en passant d'une alimentation spécifique pour nourrissons aux aliments dits « de la table »? Des travaux sont en cours pour apporter des éléments de réponse à ces questions et explorer le lien entre les capacités de contrôle des prises alimentaires de bébé et sa corpulence.

● COMPRENDRE L'EFFET DE L'ALIMENTATION PRÉCOCE ● SUR LA SANTÉ À LONG TERME : LA COHORTE ELFE

Lancée en avril 2011 et pilotée par l'Inserm et l'Institut national d'études démographiques (Ined), l'étude Elfe a pour objectif de suivre des enfants de la naissance à l'âge adulte afin de mieux comprendre comment leur environnement affecte, de la période intra-utérine à l'adolescence, leur développement, leur santé, leur socialisation et leur parcours scolaire. Pour ce faire, environ 150 chercheurs dont ceux de l'Inra vont suivre plus de 18 000 enfants sur 20 ans. Le suivi de ces enfants permettra notamment de mesurer l'impact des principaux modes d'alimentation infantile observés en France sur la santé ultérieure et la croissance de l'enfant.

Au cours d'une première étape d'analyse, les scientifiques se sont attachés à dresser un premier état des lieux de l'alimentation des jeunes enfants. Ainsi, l'étude Elfe a permis pour la première fois en France de donner des statistiques nationales sur la durée d'allaitement, à partir d'un très large échantillon. Si 7 enfants sur 10 sont allaités à la naissance, ces chiffres chutent très vite en France et moins d'un enfant sur 4 est toujours allaité à l'âge de 4 mois. Pour mieux comprendre les bénéfices de l'allaitement sur la santé et le développement de l'enfant, il est important de tenir compte du reste de l'alimentation. En France, les préparations infantiles consommées par les enfants sont très variées (plus de 200 ont été recensées dans l'étude) et plus de 50 % des enfants nourris avec des préparations infantiles reçoivent des préparations enrichies en pré/probiotiques. Par ailleurs, les chercheurs ont montré que l'alimentation d'un quart des enfants était diversifiée avant l'âge de 4 mois et que celle d'environ 10 % des enfants l'était après l'âge de 6 mois.

Cet état des lieux étant établi, la richesse des données collectées sur l'alimentation dans la première année de vie va permettre aux chercheurs de l'Inra d'étudier de manière approfondie l'influence de l'alimentation des premiers mois de vie sur la croissance et le développement de l'enfant, ou sur d'autres paramètres de santé comme les allergies et la santé respiratoire.

CONTACTS

Blandine de Lauzon-Guillain

blandine.delauzon@inserm.fr / 01 45 59 50 19

Centre de recherche en épidémiologie

et statistiques Sorbonne Paris Cité

(Inra, Universités Paris Descartes Paris 5, Paris Diderot

Paris 7 Paris Nord Paris 13, Inserm, CNAM)

Centre Inra Ile-de-France-Jouy-en-Josas

PROMOUVOIR LE PLAISIR DE CONSOMMER DES ALIMENTS SAINS CHEZ L'ENFANT

Parmi les différentes fonctions de l'alimentation, le plaisir joue un rôle particulier, car les choix alimentaires sont non seulement guidés par la recherche, voire la maximisation du plaisir, mais aussi renforcés par le plaisir éprouvé par la consommation alimentaire. En résumé, le plaisir est essentiel dans les choix alimentaires. Cette fonction « plaisir » de l'alimentation est particulièrement saillante chez les enfants. Cependant, dans un environnement alimentaire où les aliments riches en énergie sont surabondants, le plaisir peut également constituer une menace pour une alimentation saine, à la fois en termes de choix alimentaires et de quantités consommées. Ainsi, les chercheurs de l'Inra décryptent les différents aspects du plaisir de manger et dans quelles circonstances le plaisir pourrait être un allié pour une alimentation saine. *In fine*, les scientifiques suggèrent qu'une compréhension approfondie des différentes dimensions du plaisir alimentaire chez l'enfant permettra le développement d'habitudes alimentaires saines et durables.



© Inra - Christophe Maître

CONTACTS

Sophie Nicklaus

sophie.nicklaus@inra.fr / 03 80 69 35 18

Camille Schwartz

camille.schwartz@inra.fr / 03 80 69 37 43

Sylvie Issanchou

sylvie.issanchou@inra.fr / 03 80 69 30 76

Centre des sciences du goût et de l'alimentation
Centre Inra Bourgogne Franche Comté

LE PLAISIR ALIMENTAIRE EN 3 DIMENSIONS / Trois dimensions du plaisir de manger dans l'enfance peuvent être identifiées. D'abord, la dimension sensorielle qui résulte des sensations ressenties lors de la consommation des aliments. Deuxièmement, la dimension interpersonnelle, liée au plaisir vécu dans le contexte social de la consommation alimentaire. Troisièmement, la dimension psychosociale qui est liée aux représentations cognitives des aliments. Ces différentes dimensions du plaisir alimentaire chez l'enfant peuvent être utilisées comme levier pour promouvoir la consommation d'aliments sains.

● MANGER SAIN, ● C'EST BIEN, MANGER HEUREUX, C'EST MIEUX !

Plaisir et santé sont deux concepts souvent opposés lorsqu'il est question d'alimentation, en particulier chez l'enfant. À ce jour, les campagnes de santé publique et notamment celles destinées aux enfants portent surtout sur la valeur nutritionnelle des aliments, distinguant des aliments « bons pour la santé » ou « mauvais pour la santé ». Mais santé et plaisir sont-ils vraiment irréconciliables chez les enfants ?

Pour répondre à cette question, des chercheurs de l'Inra ont mené une étude auprès de 63 enfants âgés de 6 à 12 ans. Les enfants étaient invités au laboratoire pour un goûter. Chacun pouvait choisir cinq portions sur un buffet composé d'aliments de plus ou moins bonne qualité nutritionnelle : des fruits, mais aussi des gâteaux et des bonbons.

Dans un second temps, les chercheurs ont mesuré la dominance santé ou plaisir des attitudes des enfants envers leur alimentation avec le jeu MIAM. Ce jeu se compose de deux tests :

- un test d'association implicite qui consiste à présenter des séries de 3 aliments. Pour chaque triade, l'enfant doit choisir les 2 aliments qui selon lui « vont bien ensemble »
- un test de catégorisation explicite. L'enfant doit classer des aliments dans l'une des quatre catégories suivantes : « miam », « beurk », « ça donne des forces » ou « ça fait grossir ». Les deux premières catégories renvoient à des valeurs hédoniques tandis que les deux dernières renvoient à des valeurs nutritionnelles.

Les résultats ont montré que les enfants qui associaient le plus l'alimentation au plaisir sont ceux qui ont effectué les choix de meilleure qualité nutritionnelle : ils ont sélectionné en moyenne une portion de fruits en plus sur le buffet que les enfants qui associaient l'alimentation à la santé.

Ces conclusions sont en rupture avec l'idée largement répandue selon laquelle acquérir « une conscience nutritionnelle » dès le plus jeune âge serait le garant d'une alimentation favorable à la santé. Au contraire, ces résultats suggèrent que le plaisir alimentaire pourrait servir de levier dans des interventions visant à encourager la consommation d'aliments « bons pour la santé » chez l'enfant.



CONTACT

Sandrine Monnery-Patris

sandrine.monnery-patris@inra.fr / 03 83 69 35 33

Centre des sciences du goût et de l'alimentation
Centre Inra Bourgogne Franche Comté



C'EST L'HEURE DU GOÛTER

DE NOUVELLES TEXTURES POUR LES PURÉES DE FRUITS

Les purées de fruits : des produits simples et naturels, des variétés de textures à l'infini, sources d'innovations sans rien ajouter, uniquement en les traitant comme il faut. Quelles sont leurs compositions ? Leurs structures ? Comment maîtriser ou modéliser la cuisson ou le broyage pour obtenir telle texture plutôt qu'une autre ? Les chercheurs de l'Inra et d'AgroParisTech s'intéressent tout particulièrement à ces questions.

Une purée bien épaisse qui se tient, un peu granuleuse, une texture plus lisse et onctueuse où on ne perçoit plus les particules ; la même enrichie de morceaux plus fermes plus ou moins gros et nombreux pour créer du contraste ; une « crème de fruits » à tartiner, des mousses ou des jus de fruits pulpeux. Il existe une gamme infinie de purées de fruits adaptées aux modes de consommation : petits pots, conserves pour de plus grands formats, gourdes à emporter et consommer où l'on veut. Pour ce type de produit, la texture est un paramètre sensoriel majeur particulièrement déterminant pour rendre les produits attractifs et en stimuler la consommation.

Les travaux de l'Inra et d'AgroParisTech ont pour objectif de comprendre comment les éléments provenant de la chair du fruit s'organisent pour donner la texture recherchée et ainsi pouvoir la moduler. Les chercheurs ont notamment montré que la texture des purées de fruits repose essentiellement sur les fibres insolubles présentes dans ces produits. Les purées sont constituées d'une suspension de particules insolubles (cellules ou amas de cellules des fruits) plus ou moins ramollies par la cuisson et séparées par le traitement mécanique. Et c'est seulement 1 à 2 % de ces particules insolubles qui structure l'ensemble de la purée ! Ces particules sont des fibres insolubles. Si leur bénéfice santé est recherché, la concentration, la taille (de quelques dizaines à quelques centaines de micromètres), la forme ou la rigidité de ces fibres influe sur la texture souhaitée, moteur du plaisir à les consommer.



LE GOÛTER EN CHIFFRES

BAISSE GLOBALE DU NOMBRE DE GOÛTERS DEPUIS 2003 :

5,5 goûters par semaine en 2016 chez les enfants de 3 à 6 ans (contre 6 en 2003)

4,6 goûters par semaine en 2016 chez les enfants de 7 à 14 ans (contre 5,4 en 2003)

3,5 goûters par semaine en 2016 chez les enfants de 15 à 17 ans (contre 4,1 en 2003)

1 goûter sur 4 suit les recommandations.

LE GOÛTER IDÉAL

2 groupes parmi les suivants : fruits, produits laitiers, produits céréaliers

1 boisson : eau, lait, jus de fruits...

Le goûter représente **12 %** de l'apport énergétique des enfants

Source : Crédoc 2017



CONTACTS

Gérard Cuvelier

gerard.cuvelier@agroparistech.fr / 01 69 93 51 03

Cassandra Leverrier

cassandra.leverrier@agroparistech.fr

Unité ingénierie procédés aliments

(GENIAL : Inra, AgroParisTech)

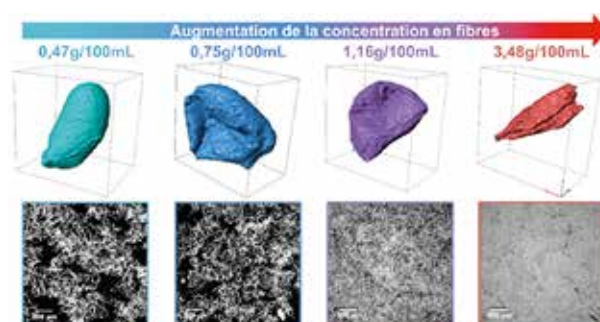
Centre Inra Ile-de-France-Jouy-en-Josas

LES DESSOUS DE LA PURÉE DE POMME

Les chercheurs de l'Inra et d'AgroParisTech ont mis au point une méthode pour extraire des particules insolubles de purées de pommes, les marquer sélectivement, en réintroduire un faible pourcentage et ainsi observer directement l'organisation des particules.

Ils ont ainsi reconstruit des purées de pommes de concentrations en fibres insolubles différentes : 0,47 gramme/100 ml et 0,725 g/100 ml correspondent à des purées ayant été diluées ; 1,16g/100 ml équivalent à la teneur en fibres d'une purée classique et 3,48 g/100 ml correspond à une purée enrichie en fibres insolubles. Les scientifiques ont ensuite observé par microscopie les particules au sein de l'échantillon. La reconstruction des images en 3D a permis de quantifier la morphologie des cellules. Les chercheurs ont ainsi constaté une diminution significative de leur volume dans le domaine concentré (au-delà de 1,16 g/100 ml de fibres dans la purée) et un aplatissement de ces cellules en milieu très encombré.

Pour la première fois, cette étude révèle de manière directe, la capacité des cellules végétales à se tasser lorsque la concentration en particules devient importante. Cette modification du volume occupé par les cellules végétales dans l'échantillon, entraîne une modification de l'évolution de son comportement rhéologique et impacte donc sa texture. La stratégie expérimentale développée est applicable plus largement à la compréhension de l'organisation de milieux riches en particules dispersées que sont de très nombreux aliments et donc à la maîtrise de leur texture.



Observation en microscopie optique de 4 purées de pommes de concentrations en fibres variables, et cellules de pommes observées en microscopie confocale correspondante (reconstructions 3D réalisées avec le logiciel Simpleware).

QUAND LES JEUNES ENFANTS APPRENNENT   MANGER UNE GRANDE VARIÉTÉ DE TEXTURES

La diversification alimentaire, ce n'est pas seulement faire découvrir aux enfants des goûts différents, c'est aussi leur proposer des textures différentes pour leur apprendre progressivement à manger les aliments des grands. Les premiers aliments (autres que le lait) sont souvent offerts sous forme de purées vers l'âge de 4-6 mois. Comment les jeunes enfants apprennent-ils ensuite à manger des morceaux ? Quelles textures acceptent-ils en fonction de leur âge ? Quel est l'impact des pratiques parentales de nourrissage sur le développement de l'acceptabilité des textures ? Autant de questions auxquelles s'interessent les chercheurs de l'Inra.

Un premier travail mené en laboratoire avec des nourrissons, en collaboration avec l'entreprise Bl dina, a permis de déterminer les âges auxquels les enfants étaient capables de manger des purées granuleuses, petits morceaux de légumes cuits et crus, petits morceaux de viande, pâtes, muesli, morceaux collants (banane et brie) et petits plats bébé du commerce. Cette étude a montré que l'acceptabilité des textures se développe en même temps que le comportement masticator et que les enfants acceptent en petite quantité la plupart des textures proposées à un âge généralement plus précoce que ce que leur donnent leurs parents à la maison. Certains chercheurs anglo-saxons suggèrent que pour accepter des morceaux, il faut savoir les mastiquer et que la période 6-12 mois est une période particulièrement propice pour le développement de cet apprentissage. Or, les chercheurs ont observé, à l'aide d'un questionnaire rempli par près de 3000 mamans, qu'en France, jusqu'à l'âge d'un an les enfants sont principalement nourris avec des purées et reçoivent assez peu de morceaux. Sur la base de ce constat, les scientifiques mènent actuellement une étude visant à étudier l'effet d'une sensibilisation des mamans à l'importance de proposer des morceaux dès le début de la diversification alimentaire sur le développement de l'acceptabilité des morceaux par le jeune enfant. Si les résultats de cette étude (PATATE pour Physiologie orale et Acceptabilité de la Texture des Aliments par le jeune Enfant) sont concluants, le livret d'informations développé pourrait être utilisé et diffusé pour compléter les recommandations françaises concernant l'alimentation des enfants de 0 à 3 ans, actuellement peu détaillées sur le sujet de la texture.



CONTACTS

Sophie Nicklaus

sophie.nicklaus@inra.fr / 03 80 69 35 18

Carole Tournier

carole.tournier@inra.fr / 03 80 69 30 77

Centre des sciences du goût et de l'alimentation
Centre Inra Bourgogne Franche Comté

LA CONFITURE, ENTRE ART CULINAIRE ET SCIENCE

La confiture est l'art de conserver, par le sucre, des fruits. On les fait cuire afin de les amener à un degré de déshydratation suffisant pour en assurer la conservation. Sans les pectines présentes dans les parois cellulaires des fruits, les confitures ne pourraient pas prendre. Des recherches sont menées à l'Inra pour mieux comprendre le pouvoir gélifiant des pectines et maîtriser les textures obtenues. Plus largement, l'analyse de la paroi des cellules végétales peut ouvrir sur d'autres applications, industrielles ou environnementales.

LE RÔLE DES PECTINES

Les pectines sont naturellement présentes dans tous les fruits et légumes. Elles font partie des molécules les plus utilisées par l'industrie agroalimentaire comme additif gélifiant pour la fabrication de confitures et de gelées. La structure chimique des pectines conditionne leurs propriétés de gélification. Les chercheurs de l'Inra étudient le lien entre structure chimique et textures de gel spécifiques. Ces résultats sont utiles aux industriels pour produire, par exemple, des confitures de plus en plus allégées en sucre tout en conservant une texture satisfaisante. Les champs d'application de ces recherches Inra sont nombreux dans l'agroalimentaire : boissons lactées stabilisées grâce aux pectines, bases de fruits pour yaourts, etc.

Les pectines sont de longues molécules composées d'un enchaînement d'unités de sucres simples. Quand les fruits sont chauffés et éventuellement broyés, les pectines présentes dans les parois cellulaires se solubilisent. Elles passent dans le liquide où elles pourront s'associer pour former un réseau lors du refroidissement et ainsi assurer la prise en gel des confitures.

Pour faire une bonne confiture, il faut du sucre et de l'acidité (pH faible). Pour s'associer les unes aux autres et constituer un réseau, elles ne doivent pas être noyées par les molécules d'eau. Il faut donc une quantité importante de sucre (60 % au moins) pour réduire l'hydratation : le sucre va en effet pomper les molécules d'eau. Par ailleurs, les pectines sont des molécules acides. Dans le cas d'un pH plus faible, chaque molécule de pectines pourra se rapprocher des autres pour former un réseau. Ainsi, dans le cas de fruits doux (poire, raisin, mirabelle, etc.), un jus de citron, ajouté en fin de cuisson, contribue à la prise des confitures en favorisant l'association des pectines.

Certains fruits sont riches en pectines (groseille, pomme, coing, agrumes) et sont capables de gélifier tout seuls. D'autres fruits (fraise, poire, cerise, framboise) en contiennent peu et nécessitent donc l'ajout de fruits ou d'extraits de fruits riches en pectines (la pomme, le coing). On peut également utiliser des pectines isolées de matériels végétaux par l'industrie alimentaire (marcs de pomme ou écorces d'agrumes). Il existe également du sucre additionné de telles pectines ou sucre gélifiant. Lorsque les fruits sont très mûrs, les pectines peuvent être abîmées, rendant également nécessaire l'ajout de sucre gélifiant.

ET LES CONFITURES ALLÉGÉES ?

Ces confitures sont obtenues de façon radicalement différente des confitures traditionnelles qui ne peuvent gélifier sans un apport de 60 % de sucre. Pour réaliser une confiture allégée, les industriels utilisent des pectines faiblement méthoxylées (pectines dans lesquelles moins de 50 % des unités de « sucres simple » portent un groupement méthanol). Ces pectines LM (*Low methoxyl*) peuvent gélifier avec moins de sucre à condition d'ajouter un peu de calcium. Les confitures allégées ne contiennent au final que 25 à 30 % de sucre mais se conservent moins bien après ouverture.



LES FRANÇAIS ET LA CONFITURE

70 % des Français en achètent 7 fois par an

3,9 kg consommés par foyer par an

Top 3 des confitures préférées :

fraise, abricot et orange amère ”

(sources : fédération des industries d'aliments conservés, Fiac. Enquête OpinionWay-Collective du sucre, 2013. Panel Nielsen)

D'AUTRES APPLICATIONS DES PECTINES DANS LE SECTEUR AGROALIMENTAIRE

On utilise également les pectines pour stabiliser les boissons lactées fermentées populaires en Asie et au Moyen-Orient : le kefir (Turquie), le lassi (Inde), le doogh (Iran). Les pectines ont ici un rôle de fluidifiant. Dans ce cas les molécules de pectines forment une petite enveloppe autour des protéines du lait et les empêchent de s'agréger, permettant ainsi de fluidifier ces boissons.

DES DÉBOUCHÉS DANS LE DOMAINE ENVIRONNEMENTAL

Les formidables capacités d'association en réseau des pectines, mises à profit dans les confitures, existent également dans les végétaux. Ainsi, la paroi des cellules végétales, riche en pectines et en cellulose, constitue un édifice complexe, première barrière aux agressions extérieures (sécheresse, UV, attaques de pathogènes). Les recherches menées par l'Inra sur les pectines permettront donc de mieux comprendre les mécanismes de défense naturelle des plantes et d'envisager potentiellement la diminution des traitements phytosanitaires.



CONTACT

Marie-Christine Ralet
marie.ralet@inra.fr / 02 40 67 51 96

Unité Inra Biopolymères, interactions, assemblages
Centre Inra Angers-Nantes

DES FRIANDISES À L'ÉCOLE POUR LE LIEN SOCIAL

Les goûts et les représentations des enfants en matière d'alimentation sont influencés, de manière parfois contradictoire, par l'alimentation et la position sociale de leurs familles. Plus que le seul critère de l'âge, les chercheurs de l'Inra montrent qu'il est important de réintroduire celui des classes sociales dans l'analyse des pratiques enfantines.

LES BONBONS AU COLLÈGE

Sucettes, chewing-gums ou réglisses, à croquer, à sucer ou à mâcher... bien qu'ils soient traditionnellement associés à l'enfance, les bonbons sont encore très présents au collège. Dans la cour de récré comme en classe, ils se mangent, se donnent et se demandent au quotidien mais quels rôles y remplissent-ils vraiment ? Pour étudier la question, une étude a été menée par l'Inra pendant 2 ans auprès de 60 enfants âgés de 12 à 13 ans, scolarisés en classe de 5ème dans deux collèges de la petite couronne parisienne. Ces travaux ont montré comment les bonbons sont un élément, voire un instrument, de construction des liens sociaux qui permet aux préadolescents de trouver leur place au sein de la classe. Le bonbon est un objet de transgression qui permet aux élèves « populaires », plutôt rebelles face au système scolaire de gagner en prestige et plus encore d'affirmer leur position au sein de la classe. Il est également vecteur de lien social parce que choisir avec qui on partagera le bonbon que l'on apporte à l'école est lourd de significations.



© Inra - Bertrand Nicolas

CONTACT

Christine Tichit & Aurélie Maurice

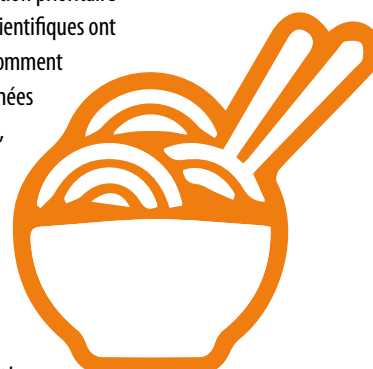
christine.tichit@inra.fr / 01 80 52 14 41

Centre Maurice Halbwachs

Centre Inra Ile-de-France-Versailles-Grignon

DES NOUILLES CHINOISES POUR LE GOÛTER

Des sociologues de l'Inra mènent depuis 2010, en milieu scolaire, une recherche participative d'éducation prioritaire sur les pratiques et représentations alimentaires enfantines, dans le cadre de l'étude CORALIM. Les scientifiques ont vu émerger, de manière surprenante, les nouilles chinoises que les enfants (surtout en élémentaire), consomment à la récréation ou à la sortie des classes. Détournées de l'usage qu'en font les adultes, elles sont consommées crues, entre copains et de manière plus ou moins secrète. Comme les chips, les sucreries et autres biscuits, elles permettent de concrétiser et d'entretenir des liens au sein du groupe d'enfants qui interfèrent alors librement avec leurs propres objets d'intérêt. Des enfants de toutes origines sont impliqués dans la consommation secrète de ces pâtes, mais curieusement ceux de familles chinoises semblent s'y adonner moins par goût que pour adhérer au groupe, et ne sont pas non plus au cœur de l'approvisionnement de ce type de produit à l'école. Se fournir en pâtes consommées à l'insu des adultes suscite donc l'organisation d'un approvisionnement parallèle dans les magasins du quartier, où ces produits se trouvent à moindre prix que les bonbons. Ainsi les élèves détournent, se réapproprient et transgressent les règles qui régissent les temps et les espaces pensés par les adultes et l'institution scolaire.



CUISSON, ARÔMES, MOELLEUX... OU LA CHIMIE DES GÂTEAUX!

Le produit star du goûter, c'est bien le gâteau... sous toutes ses formes. À l'Inra, des chercheurs s'attèlent à comprendre les mécanismes d'élaboration de leur structure et leur flaveur pour pouvoir revisiter les recettes et leurs transformations et élaborer des produits ou des itinéraires innovants.



QUAND LE MOELLEUX DES CAKES DÉPEND DE L'ÂGE DE LA FARINE

En étudiant la structure des mies des cakes grâce à une nouvelle technique d'analyse d'images, des chercheurs de l'Inra et d'Agro-ParisTech ont montré que l'âge de la farine influence la fermeté de la mie des gâteaux. Plus le temps passe, plus la farine s'enrichit en acides gras libres, modifiant l'incorporation de l'air dans la pâte puis son maintien dans les alvéoles au cours de la cuisson.

Les scientifiques ont testé des farines de un à neuf mois et montré que la mie se durcit pour les plus anciennes. Les bulles d'air sont plus grandes, avec une répartition plus hétérogène et une paroi plus épaisse. Les gâteaux les plus moelleux ont quant à eux des bulles d'air homogènes, de petite taille et régulièrement répar-

ties. Le fait que la paroi des alvéoles soit fine est un critère secondaire de la fermeté. Les protéines de la farine ont quant à elles un impact sur la structure homogène ou hétérogène de la mie. Par ailleurs, les chercheurs ont également étudié l'influence des émulsifiants sur la souplesse du gâteau. Ces derniers modifient la structure de la mie en se plaçant à l'interface air/eau de la pâte. En augmentant la concentration d'émulsifiants, les bulles d'air formées sont plus fines et régulières. Sans émulsifiant, la mie obtenue est homogène mais plus grossière, ce qui diminue le moelleux.

CONTACTS

Catherine Bonazzi

catherine.bonazzi@inra.fr / 01 69 93 50 26

Barbara Rega

barbara.rega@agroparistech.fr / 01 69 93 51 33

Camille Michon

camille.michon@inra.fr

Unité ingénierie procédés aliments

(GENIAL : Inra, AgroParisTech)

Centre Inra Ile-de-France-Jouy-en-Josas

LA CUISSON DE LA GÉNOISE DÉCORTIQUÉE

Au-delà des ingrédients, c'est un ensemble de réactions chimiques qui se déroulent au cours de la cuisson d'un gâteau. Prenant pour modèle la génoise (biscuit léger à base d'œufs, de sucre, de farine rentrant dans la composition de gâteaux comme la forêt noire ou l'opéra), des chercheurs de l'Inra et d'AgroParisTech ont étudié au cours de la cuisson la formation et la génération de composés furaniques. Certains, comme le furfural, sont responsables des notes caramel et d'autres, les furanes, potentiellement cancérigènes.

Analysant arômes et molécules produits lors de la cuisson, les scientifiques ont quantifié l'influence de divers ingrédients (matière grasse, sucre, œuf, sel) dans la pâte et ont montré que l'ajout de glucose favorisait des concentrations élevées de composés furaniques. Dans un gâteau modèle, contenant uniquement du glucose seul ou avec un acide aminé (la leucine) comme réactants, ils ont montré que plus la cuisson se prolongeait, plus ces concentrations étaient conséquentes, jusqu'à 40 µg/g pour le furfural contre 20 nanogrammes (10⁻⁹ g)/g maximum pour le furane, la production de furfural étant nettement favorisée et plus rapide en présence de leucine. L'ajout de glucose et de leucine était également responsable du brunissement de la croûte : en fin de cuisson, la génoise supplémentée en leucine arborait une coloration brun foncé du fait de la réaction de Maillard tandis que celle non supplémentée restait blanche ; la génoise enrichie en glucose présentait une coloration intermédiaire. En jouant sur la teneur en sucre, la température et le temps de cuisson, on peut maximiser le plaisir gustatif en minimisant la quantité de furane formé !

Tranches de différents gâteaux modèles
cuits à 170°C pendant 90 minutes :
avec glucose (en haut) ou avec glucose
et acide aminé (en bas). © Inra





147, rue de l'Université
75338 Paris Cedex 07
France

SERVICE DE PRESSE
Tél. +33(0)1 42 75 91 86
presse.inra.fr



OCTOBRE 2018

