



N°349

DÉCEMBRE 2018

REVUE DES

enil



LES AGENTS DE TEXTURE



REVUE DES ÉCOLES NATIONALES D'INDUSTRIE LAITIÈRE, DE LEURS AMICALES D'ANCIENS ÉLÈVES ET DES ORGANISMES ASSOCIÉS



Le cadre juridique de la Formation Professionnelle est profondément modifié avec la Loi « pour la liberté de choisir son avenir professionnel » du 5 Septembre 2018 dont les décrets d'application sont en cours de publication ou pour certains encore en réflexion.

Avec cette Loi «Avenir professionnel» c'est l'ensemble du système de la formation et de l'apprentissage qui est remis à plat et pour les salariés, elle renforce l'individualisation de l'accès à la Formation Continue.

Bien entendu, les ENIL, à travers leurs CFA et CFPPA, ainsi que l'Anfopeil qui fédère leurs actions de Formation Continue sont impactées par ces évolutions.

Mais le contexte présent ne fait que renforcer notre volonté de développer nos propositions et modalités de Formation Professionnelle.

Convaincus de détenir une expertise dans le domaine de la Transformation laitière nous avons anticipé ces évolutions en proposant des actions multimodales avec du e-learning (avec nos modules Webalim en cours de révision) associé à du présentiel. Depuis de nombreuses années nous accompagnons la professionnalisation des salariés avec les CQP (Certificats de Qualification professionnelle) et leur modularisation qui les a rendus accessibles par le CPF (Compte Personnel Formation des salariés). Nous sommes dès à présent en mesure d'accompagner des Actions de Formation en Situation de Travail mises en avant dans cette nouvelle Loi.

Je vous souhaite une très bonne année 2019 ainsi qu'une bonne lecture de ce nouveau numéro de la Revue des ENIL. Les agents de texture sont des éléments clés à la fabrication de certains produits laitiers.

Didier JOUBERT
Président ANFOPEIL

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION :

Didier JOUBERT
Président ANFOPEIL

MISE EN PAGE :

Camille BARBIER

N° ISSN: 0395-6865

IMPRIMERIE Seigle-Ferrand
39800 POLIGNY
Dépot légal Décembre 2018

ANFOPEIL

BP10025
39800 POLIGNY

accueil@anfopeil-enil.fr
03 84 37 27 24

SOMMAIRE

Les agents de texture dans l'industrie laitière.....3

Magalie BOURON, formatrice, ENIL Saint-Lô Thère

Les desserts lactés.....7

Djamilia DUPONT, formatrice, ENIV La Roche-sur-Foron

Les stabilisants en glaces.....10

Franck NEYERS, formateur, ENILIA Surgères

Les hydrocolloïdes dans les fromages fondus.....14

Stéphane MARTIN, formateur, ENIL Mamirolle

La rhéologie ou comment évaluer la texture des produits.....18

Joëlle BIRCKNER et Delphine GEHANT, formatrices, ENILBIO Poligny

Interview d'entreprises.....27

Camille BARBIER, Chargée de Communication, Réseau des ENIL- ANFOPEIL

Stages ANFOPEIL.....30

Thierry MICHELET, coordinateur-responsable pédagogique, ANFOPEIL

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION :

Didier JOUBERT
Président ANFOPEIL

MISE EN PAGE :

Camille BARBIER

N° ISSN: 0395-6865

IMPRIMERIE Seigle-Ferrand
39800 POLIGNY
Dépot légal Décembre 2018

ANFOPEIL

BP10025
39800 POLIGNY

accueil@anfopeil-enil.fr
03 84 37 27 24



Vous souhaitez être présents dans la revue des ENIL ?

Retrouvez nos tarifs publicitaire sur notre site internet anfopeil-enil.fr

LES AGENTS DE TEXTURE DANS L'INDUSTRIE LAITIÈRE

Magalie BOURON, formatrice, ENIL Saint-Lô Thère

La texture est aujourd'hui un élément clé de la qualité sensorielle d'un produit alimentaire. Celle-ci se traduit souvent dans le domaine laitier par une structuration de la matière laitière, par exemple en fromagerie ou en laits fermentés. Pour ces produits, la texture est liée à des phénomènes physico-chimiques de transformation de la matière laitière, en particulier la coagulation lactique et/ou présure.

Cependant, pour certaines catégories de produits laitiers, la texturation se fait par l'ajout d'agents de texture. C'est le cas notamment dans la vaste catégorie des desserts lactés, mais aussi dans les glaces ou les fromages fondus par exemple.

Les agents de texture sont des

macromolécules qui ont la capacité de lier l'eau. Par exemple, l'amidon peut s'hydrater et capter jusqu'à 30 fois son volume d'eau. Ces molécules modifient le comportement rhéologique de l'eau pour épaissir, gélifier ou stabiliser. Parmi ceux-ci, on distingue les hydrocolloïdes qui sont à l'origine des polysaccharides participant à la rétention d'eau de certains végétaux (algues ou agrumes par exemple). Il existe aussi des hydrocolloïdes d'origine fermentaire, comme le xanthane. La gélatine quant à elle est une protéine animale. L'amidon est également un polysaccharide mais dont la fonction est à l'origine la réserve d'énergie des végétaux (qui se retrouve dans les graines ou tubercules), comme par exemple le maïs ou la pomme de terre.

A ceux-ci s'ajoutent les émulsifiants qui sont des molécules amphiphiles ayant de part et d'autre des affinités pour deux phases non miscibles.

Les agents de texture utilisés en industrie laitière sont principalement des additifs qui sont donc concernés par la réglementation européenne sur les additifs (règlement CE n° 1333/2008), à l'exception de la gélatine et de l'amidon natif qui sont eux des ingrédients. Un additif alimentaire est défini par la réglementation codex comme une substance n'étant pas normalement consommée en tant que denrée alimentaire et dont l'addition intentionnelle se fait dans un but technologique.

Dans la réglementation européenne, on distingue plusieurs catégories d'agents de texture selon leur rôle technologique :

Catégorie	Actions
Gélifiants	Ils forment un réseau tridimensionnel grâce à des liaisons entre les molécules et aboutissent à la formation d'un gel. On peut citer comme exemple le carraghénane dans les laits gélifiés.
Stabilisants	Ils forment également un réseau tridimensionnel mais de plus faible intensité et permettent ainsi de ralentir la séparation. Il s'agit par exemple du carraghénane en laits cacaoisés.
Epaississants	Ils augmentent la viscosité de substances trop liquides. Les molécules gênent la mobilité de l'eau, sans pour autant s'associer entre elles. On retrouve par exemple dans cette catégorie des gommes comme la caroube.
Emulsifiants	Ils se placent à l'interface entre deux phases non miscibles, par exemple l'eau et la matière grasse, et permettent ainsi de limiter la séparation de phases. On peut citer comme exemple les mono et diglycérides d'acides gras couramment utilisés dans les glaces.
Amidons modifiés	Ils forment une catégorie à part entière qui rassemble les amidons ayant subi un ou plusieurs traitements chimiques, physiques ou enzymatiques. Par exemple, l'adipate de diamidon acétylé (E1422) est souvent utilisé en crèmes desserts.

Sur l'étiquetage des produits alimentaires, une mention précisant leur fonction principale doit être apposée et ensuite ils peuvent être désignés soit par leur nom soit par leur code 'E'.



Source : Webalim

Parmi les plus couramment utilisés en industrie laitière, on retrouve :

E 322	Lécithines
E 400 à E404	Alginates
E 407	Carraghénanes
E 410	Farine de graines de caroube
E 412	Gomme guar
E 415	Gomme xanthane
E 440	Pectines
E460 à E466	Cellulose et dérivés
E 471	Mono et diglycérides d'acides gras
E14xx	Amidons modifiés

Le carraghénane

Le carraghénane est issu de certaines variétés d'algues marines rouges. On distingue les carraghénanes kappa, iota et lambda selon le nombre de sulfates sur la molécule, ce qui leur

confèrent des fonctionnalités différentes. Le carraghénane kappa a moins de sulfates et gélifie plus fortement. Le carraghénane lambda est fortement sulfaté et ne gélifie pas (c'est un épaississant) bien qu'il puisse être plus réactif en milieu laitier. Le carraghénane présente des synergies avec la caroube, ce qui permet d'augmenter la force de gel et réduire la synérèse.

Les carraghénanes sont très intéressants en industrie laitière car ils interagissent avec les caséines et ont donc un pouvoir gélifiant plus fort dans le lait, ce qui permet de les utiliser à moindre dose. Il faut cependant être vigilant car cette interaction, de type électrostatique, est dépendante de la charge de la molécule donc du pH. Ils sont donc principalement utilisés dans les produits neutres. L'application la plus courante en industrie laitière est la suspension du cacao dans les boissons lactées.

Il est également très utilisé dans les desserts lactés (par exemple dans les crèmes desserts), ainsi qu'en glaces et fromages fondus.

L'amidon natif

Le terme amidon est généralement utilisé pour les céréales (maïs, blé, riz) alors que le terme féculé est plutôt attribué aux amidons de tubercule (pomme de terre) ou racine (manioc). A la base, l'amidon est insoluble dans l'eau froide et il forme à chaud (60-70°C selon les types d'amidons) une solution qui s'épaissit appelée empois. Cependant, si le grain d'amidon est trop chauffé, il peut éclater et retrograder, devenant ainsi un gélifiant. Cette dernière propriété est utilisée dans les laits gélifiés de type flan au caramel par exemple mais le gel a tendance à donner de la synérèse. Cette fonctionnalité est également largement utilisée dans les fromages fondus blocs.



Source : CNIEL

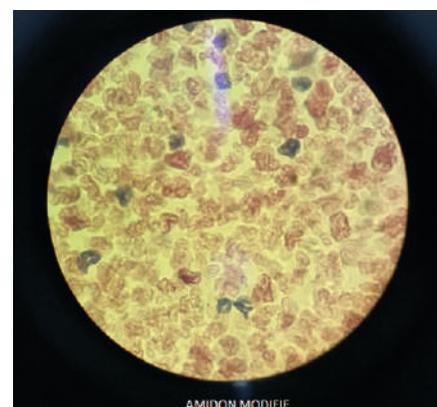
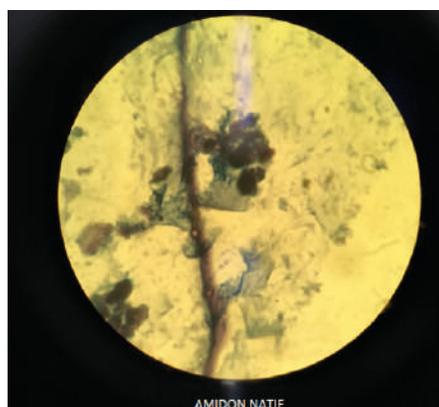
L'amidon modifié

Pour augmenter la résistance des amidons au chauffage et au cisaillement, on peut leur appliquer des modifications chimiques comme par exemple la réticulation et/ou la substitution. Ceci permet de stabiliser contre l'éclatement des granules gonflés et leur rétrogradation, permettant ainsi de maintenir une viscosité élevée. Un taux de réticulation plus important réduit le gonflement et la viscosité mais protège contre un chauffage prolongé. Il existe également d'autres modifications comme par exemple des amidons n-OSA qui ont des propriétés émulsifiantes. Les propriétés des amidons sont déterminées par son origine et sa dose mais également par l'équipement (cisaillement), le traitement thermique et le pH.

Ainsi, il n'est pas rare de devoir changer d'amidon lors du transfert d'une recette d'un site de production à un autre. Dans les applications alimentaires, des associations amidons – hydrocolloïdes sont très souvent présentes. L'amidon souvent réticulé apporte une partie de la viscosité et le corps en bouche.

En effet, sa capacité de rétention d'eau permet d'absorber une partie de l'eau et de créer un phénomène de concentration sur le reste de la matrice. Les hydrocolloïdes, eux, apportent la viscosité supplémentaire nécessaire, le seuil d'écoulement, la gélification, la texture souhaitée, etc.

Images au microscope, après coloration au lugol, d'amidon natif et modifié après traitement thermique en autoclave. Les grains d'amidon natif ont éclaté alors que les grains d'amidon modifié sont gonflés et intacts.



Source : Etudiants ESIX

Les galactomannanes : caroube et guar

Ces épaississants sont utilisés en industrie laitière pour diverses applications. Le guar et la caroube sont des farines d'origine végétale (famille des légumineuses). Ils donnent une texture longue et filante. La caroube est très utilisée en crèmes glacées car d'épaississant, elle devient un gélifiant en température négative. A noter aussi que la caroube peut interagir en synergie avec les carraghénanes pour donner un gel cohésif qui aura moins tendance à faire de la synérèse. La caroube existe sous forme de farine mais aussi sous forme d'extrait pour être transparente.

Le xanthane

Le xanthane est un biopolymère issu de la fermentation du glucose par *Xanthomonas campestris*. La texture est courte et la viscosité forte mais le seuil d'écoulement est faible. Une de ses particularités est de maintenir sa viscosité à chaud. De ce fait, il est notamment

utilisé en fromages fondus tartinables pour assurer une dépose adéquate dans l'aluminium lors du conditionnement. Il est aussi utilisé pour épaissir certains produits (desserts lactés par exemple) lors du conditionnement afin d'éviter la formation de gouttelettes et permettre une bonne soudure.

L'alginate

L'alginate est issu des algues marines brunes laminaires. Il présente la particularité d'être sensible au calcium, ce qui peut rendre son utilisation en industrie laitière intéressante mais délicate. En l'absence de calcium, il est épaississant et en présence de calcium, il devient gélifiant et forme un gel thermorésistant. Ces propriétés sont par exemple intéressantes en crèmes pâtisseries.

La pectine

La pectine est issue des fruits, principalement écorces d'agrumes et marc de pommes. C'est un gélifiant qui est

couramment utilisé dans les préparations de fruits pour yaourts, en particulier pour suspendre les morceaux de fruits. Certaines pectines peuvent également interagir avec les caséines et les protéger du traitement thermique en milieu acide afin d'éviter une flocculation, notamment dans les boissons lactières acides.

La gélatine

La gélatine est une protéine d'origine animale issue de la peau ou des os de bovins, porcs ou poissons. C'est un gélifiant qui forme un gel thermoréversible qui fond à un degré voisin de celui de la température en bouche. Elle est ainsi utilisée dans les laits fermentés 0 % de matières grasses où elle améliore le fondant en bouche et prévient la synérèse. La gélatine est aussi très utilisée pour stabiliser les mousses lactières (notamment mousse au chocolat).

La cellulose

Les celluloses les plus utilisées sont la cellulose microcristalline ou MCC (E460i), un gélifiant et la carboxyméthylcellulose ou CMC (E466), un épaississant. Elles proviennent de pulpe de cellulose, issue du bois. Celles-ci sont utilisées notamment en boissons laitières stérilisées pour leur grande résistance au traitement thermique. Pour la fonctionnalisation de certaines celluloses, une mise en pression est nécessaire (>150 bars), généralement réalisée via l'homogénéisation.

Les émulsifiants

Les émulsifiants servent à réaliser et à stabiliser le mélange de deux ou plusieurs substances théoriquement non miscibles, par exemple l'huile et l'eau. De par leur caractère amphiphile, ils se localisent à l'interface de la phase aqueuse et de la phase hydrophobe (air, matières grasses). Les émulsifiants les plus employés sont :

- Les lécithines, non plus extraites du jaune d'œuf mais du soja ou du tournesol (non allergène), et qui sont classées dans les antioxydants (E322), car elles ont un double rôle. En industrie laitière, elles sont surtout utilisées afin d'améliorer la dispersibilité des poudres.
- Les mono et diglycérides d'acides gras alimentaires, en particulier utilisés dans les crèmes glacées afin de stabiliser la structure complexe composée d'eau et de matières grasses mais aussi d'air.

MISE EN APPLICATION

Selon les agents de texture utilisés et leur dosage, une attention devra être portée lors de la préparation du mix et du mélange de ceux-ci aux autres ingrédients, sous peine de former des grumeaux ou favoriser l'incorporation d'air.

Afin de disperser les agents de texture de façon optimale, il est recommandé lorsque cela est possible de :

- Prémélanger les agents de texture avec un agent dispersant comme le sucre. Ainsi, les grains de sucre séparent les grains de texturant qui entrent ensuite individuellement en contact avec l'eau.
- Prédisperser les agents de texture dans l'alcool, la matière grasse ou le sirop de sucre car, les grains n'étant pas solubles dans ces conditions, ceci permet de les disperser facilement et de faciliter le mélange lors de l'ajout d'eau.
- Maintenir une forte agitation car elle augmente la surface d'échange.
- Maîtriser la température car elle agit sur la viscosité et fonctionnalise (certains texturants ont besoin d'un barème temps/température pour devenir soluble, comme par exemple l'amidon ou la caroube).
- Respecter la vitesse d'incorporation et le temps d'hydratation car une dispersion progressive permet une meilleure incorporation dans le mélange.

Les critères de choix à prendre en compte lors du choix d'un agent de texture sont nombreux et dépendent

- De la fonctionnalité souhaitée (texture épaisse, gélifiée...);
- Du comportement du texturant dans le milieu (ES, pH...);
- Du comportement de l'agent de texture durant le process (soluble à froid ou à chaud, température de gélification...);
- De la viscosité souhaitée au cours du conditionnement;
- De l'utilisation du produit (température de conservation, cuisson...);
- Du coût dans la formule (attention à prendre en compte le dosage pour calculer le coût);
- Du cahier des charges du produit fini (législation, étiquetage naturel...).

“ **Une association d'agents de texture (blend) est souvent nécessaire pour combiner les fonctionnalités et obtenir la texture recherchée.** ”

Sources :

Règlement (CE) n° 1333/2008 du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 sur les additifs alimentaires.

Directive 95/2/CE du Parlement européen et du Conseil du 20 février 1995 concernant les additifs alimentaires autres que les colorants et les édulcorants.

Boursier Bernard, *Techniques de l'ingénieur*, amidons natifs et amidons modifiés, 2005.

Zamorano Jaime, Canivet Fabien, *Techniques de l'ingénieur*, carraghénanes : agents gélifiants, épaississants et stabilisants, 2018.

Tilly Gérard, *Techniques de l'ingénieur*, pectines, 2010.

Gelatin manufacturers of europe, *Techniques de l'ingénieur*, la gélatine alimentaire : production et applications, 2001.

Réseau des ENIL : *Webalim*

Informations techniques fournisseur : *Cargill*

Jeantet et al, *Les produits laitiers*, 2^e édition, Lavoisier Tec & Doc, 2008.

Codex alimentarius, norme générale pour les additifs alimentaires, codex stan 192-1995.

LES DESSERTS LACTÉS

Djamilia DUPONT, formatrice, ENILV La Roche-sur-Foron

La plupart des desserts lactés que l'on retrouve au rayon frais sont des variations des entremets, grands classiques de la cuisine française, très prisés au XIX^{ème} siècle. Ils sont cuisinés à partir des produits simples de la ferme: le lait, la crème et les œufs. Selon les régions, les aromatisations et les modes de préparation varient ce qui va donner un grand nombre de produits différents. Les fabricants de desserts lactés se sont inspirés des recettes traditionnelles. Mais, ils ont dû adapter leurs recettes aux contraintes des process et à l'allongement de la durée de vie des produits.

Leurs textures solides ou semi-gélifiées sont obtenues grâce aux propriétés épaississantes et gélifiantes de certains ingrédients présents dans les recettes traditionnelles ou d'additifs.

Les recettes les plus connues sont les crèmes au lait et aux œufs, crèmes au chocolat ou à la vanille, les crèmes brûlées, les flans, les gâteaux de riz et de semoule...



Source : CNIEL

LES CRÈMES DESSERTS

Traditionnellement les crèmes desserts sont composées de lait et crème, de sucre et de farine de maïs. Ce mélange peut être aromatisé de différentes manières avec du chocolat, de la vanille, du café... Puis, il est chauffé. C'est lors de cette cuisson qu'il s'épaissit. Sa texture finale est obtenue après refroidissement.

Dans cette recette, chaque ingrédient a un rôle bien défini :

- le lait constitue la base de ce dessert,
- la crème apporte de l'onctuosité,
- le sucre la saveur sucrée,
- la farine de maïs sert à augmenter la viscosité de la crème dessert.

La farine de maïs est essentiellement constituée d'amidon.

On utilise le pouvoir épaississant de l'amidon pour donner une texture plus épaisse à l'entremet.

L'amidon est en réalité un mélange de deux polymères de glucose différents : l'amylose et l'amylopectine. L'amylose est un polymère linéaire tandis que l'amylopectine est un polymère ramifié.

A cause de leurs structures différentes, ces deux molécules agissent de manière différente sur la texture de la crème dessert. L'amylose, selon le traitement thermique appliqué, peut conduire à une gélification après le refroidissement (rétrogradation). L'amylopectine, elle, permet d'obtenir un liquide épais qui ne gélifiera pas au refroidissement. Ces deux molécules sont présentes en quantités variables selon la source de

l'amidon (maïs, maïs cireux, pommes de terre...). L'intérêt du maïs cireux (waxy maize en anglais), principale source d'amidon utilisée aujourd'hui, est sa très faible proportion d'amylose. Le problème de cette recette traditionnelle est qu'elle est peu stable dans le temps. On peut observer rapidement de la synérèse qui apparaît à la surface du produit. Si l'on utilise de la poudre de cacao pour aromatiser le dessert, celle-ci peut décanter au fond du pot. Dans le cas d'un produit riche en crème, les globules gras vont avoir tendance à remonter à la surface. Ces phénomènes de déstabilisation sont accentués par les traitements thermiques subis par le produit. Les fabricants ont recours aux amidons modifiés et aux hydrocolloïdes pour éviter ces défauts et garantir une qualité organoleptique optimale jusqu'à DLC (date limite de consommation) ou DDM (date de durabilité minimale, ex DLUO). Ces additifs ont trois rôles technologiques principaux :

- Épaissir : augmenter la viscosité du produit,
- Gélifier : transformer un liquide en un gel solide,
- Stabiliser : maintenir l'aspect et la texture du produit jusqu'à sa date de péremption.

Comme dans la recette traditionnelle, les fabricants utilisent de l'amidon riche en amylopectine, comme l'amidon de maïs cireux. Ainsi, après chauffage, l'eau contenue dans le lait hydrate les macromolécules de l'amidon, fait gonfler les grains d'amidon ce qui induit une augmentation de la viscosité. Les molécules d'amylopectines hydratées se déploient dans le milieu et limitent la mobilité des autres molécules.

Les propriétés des amidons natifs peuvent être améliorées par des modifications chimiques. Certains amidons modifiés peuvent limiter la synérèse au cours du vieillissement du produit, d'autres permettent l'obtention de textures plus onctueuses.

L'hydrocolloïde le plus utilisé en combinaison avec l'amidon modifié est le carraghénane car il permet d'obtenir une texture stable semi gélifiée. De plus, ses interactions avec les protéines laitières permettent une texturation à faible dose (environ 0,2%).

Certains fabricants utilisent de la farine de graines de caroube. C'est un polysaccharide constitué d'une chaîne de mannose sur laquelle vient se brancher un galactose tous les quatre mannose environ. Cette farine est soluble à chaud comme l'amidon. Elle permet d'augmenter la viscosité de la crème dessert et d'obtenir une texture onctueuse. Elle permet donc de diminuer la teneur en crème de la crème dessert sans perdre en onctuosité.

Dans le cas des crèmes desserts stérilisées (commercialisées en boîtes de conserve, par exemple), les propriétés de l'amidon sont altérées par le traitement thermique élevé. Dans ce cas, il faut renforcer son action avec de la gomme de guar, des alginate ou de la gomme de xanthane.

La gomme de guar a une structure biochimique très proche de la farine de caroube. Par contre, la gomme de guar est soluble à froid. Elle permet d'augmenter fortement la viscosité du produit.

Les alginate proviennent des algues brunes. Ils s'associent entre eux pour former un réseau moléculaire de type « boîte à œufs ». Ce réseau est renforcé grâce aux ions calcium présents dans le lait de la crème dessert. Le xanthane est un hydrocolloïde d'origine microbienne. Il prend une forme hélicoïdale lorsqu'il est en solution. Il est très stable ce qui lui permet de conserver sa structure à de haute température et d'épaissir des produits ayant une large gamme de pH.

Les crèmes desserts sont donc des desserts traditionnels qui ont une texture semi-liquide obtenue grâce à l'amidon présent dans la recette. Il est possible d'allonger la durée de vie des produits en vue d'une commercialisation en adaptant les recettes de nos grand-mères. Un autre type d'entremets à texture solide cette fois et très apprécié par le consommateur: le flan aux œufs.

LES FLANS AUX OEUFS ET CRÈMES AUX OEUFS



Source : CNIEL

Les flans aux œufs sont composés majoritairement de lait, d'œuf (environ 25 %) et de sucre. Ils peuvent, comme les crèmes desserts, être aromatisés au chocolat, café, vanille, caramel, pistache ou aux fruits. Les crèmes aux œufs ont simplement de la crème liquide en plus dans leur formulation.

La texture solide des flans et crèmes aux œufs est obtenue grâce aux œufs et plus précisément l'albumine de l'œuf. L'albumine est la principale protéine du blanc d'œuf. Elle coagule à une température de 63 °C et la fermeté maximale est obtenue vers 70 °C.

C'est cette propriété gélifiante qui est utilisée pour solidifier le flan.

Lors de l'élaboration des flans et crèmes aux œufs, tous les ingrédients sont mélangés. La préparation liquide ainsi obtenue est versée dans des ramequins pour être cuite au four. La cuisson doit se faire à basse température. C'est pour cela que l'on utilise la technique du bain marie qui permet de ne pas dépasser les 100 °C. L'objectif est d'éviter l'ébullition.

En effet, l'albumine prend sa texture solide à 63 °C, il suffit donc d'atteindre cette température à cœur des ramequins pour que les flans et crèmes aux œufs aient une texture solide. Si une ébullition apparaît lors de la cuisson, des bulles d'air vont apparaître dans l'appareil.

Lors de la cuisson, l'albumine est dénaturée par la chaleur à partir de 63 °C. Elle perd sa structure tridimensionnelle. La chaleur casse les liaisons faibles qui stabilisent la structure tertiaire de la protéine. Les protéines vont alors s'agréger les unes aux autres et créer un réseau dans l'ensemble du dessert. Les autres composants se retrouvent bloqués entre les protéines de l'œuf. Les mouvements moléculaires deviennent impossibles et la texture solide apparaît.

Pour les fabricants, il est possible de faire des flans et des crèmes aux œufs. Les flans doivent être constitués d'au minimum 5 % d'œuf.

Les crèmes doivent contenir au moins 15 % de crème et 10 % d'œuf.

Certains choisissent d'utiliser l'œuf comme seul texturant et suivent les recettes traditionnelles ; d'autres décident de diminuer la teneur en œuf pour limiter le coût des matières premières. Dans ce cas là, il n'y a pas assez d'albumine pour gélifier la totalité du liquide. Il faut utiliser des texturants supplémentaires pour obtenir la texture gélifiée de ces desserts.

Dans la majorité des cas, c'est l'amidon qui est utilisé. Cet amidon, modifié ou non, provient souvent du maïs, parfois du riz. Ici, l'amidon a pour rôle d'épaissir l'appareil avant son passage au four. En effet, un produit, qui est déjà semi-géliné, n'a pas besoin d'autant d'albumine qu'un produit liquide pour se transformer en un produit solide après la cuisson au four.

La texture solide des flans ou des crèmes aux œufs peut être obtenue en supprimant totalement les œufs de la recette. C'est le cas de la panna cotta dont la texture est obtenue grâce à l'utilisation d'un gélifiant. En agroalimentaire, on appelle ces produits les laits gélifiés.

LES LAITS GÉLIFIÉS

Il existe plusieurs types de laits gélifiés dans le rayon des produits laitiers. Il y a les produits qui imitent les crèmes caramel, les laits gélifiés aromatisés à de nombreux parfums et les panna cotta.

Leurs recettes sont plutôt simples :

- du lait,
- de la crème,
- du sucre,
- une préparation aromatique : chocolat, café, arôme de vanille,...
- les gélifiants.

Les panna cotta sont souvent gélifiées avec de la gélatine. Pour les autres produits, les fabricants utilisent dans la majorité des cas des amidons et des carraghénanes.

Les carraghénanes sont des polysaccharides issus des algues brunes. Ils sont solubles à chaud. Il faut porter le mélange à 60-70 °C pour une obtention optimale de la solubilisation. La gélification se fera au refroidissement du mélange vers 45 °C. Leur principal atout dans le cas des desserts lactés, est qu'ils interagissent avec les caséines k et le calcium du lait. Ces interactions permettent d'obtenir une gélification en diminuant de manière significative la concentration en additif. Il existe trois types de carraghénane qui ont

des propriétés différentes. Les fabricants d'additifs proposent des pré mélanges permettant d'obtenir une gélification optimale.

La gélatine est le seul gélifiant d'origine animale. Elle est obtenue par dissolution du collagène qui est la principale protéine du tissu conjonctif des vertébrés. Lors de son utilisation, il est conseillé de la faire gonfler à froid dans le mélange. Elle va alors absorber 10 fois son poids en eau. Puis, il faut la solubiliser à une température de 50-60 °C. La gélification du mélange se fera au moment du refroidissement.

Les laits gélifiés font partie des desserts lactés à texture solide. Dans les entremets traditionnels français à texture solide, nous retrouvons également les gâteaux de riz, gâteaux de semoule et riz au lait.

GÂTEAUX DE RIZ ET DE SEMOULE

Les gâteaux de riz (ou teurgoule pour les normands), riz au lait et gâteaux de semoule sont une catégorie un peu à part dans cette famille des desserts lactés.

Dans les recettes traditionnelles, le riz ou la semoule sont mis à cuire dans un mélange de lait et de sucre. Lors de la cuisson, le riz et la semoule absorbent l'eau contenue dans le lait. Les grains de riz et de semoule augmentent de volume et lors de la cuisson, la consistance devient de plus en plus moelleuse. C'est l'amidon encore une fois qui permet d'obtenir cette texture. Quand on laisse les préparations refroidir, elles deviennent solides.

Dans le cas de ces desserts, les fabricants sont confrontés à un problème de vieillissement. Au bout d'un certain nombre de jours, apparaît à la surface du produit une couche d'eau sucrée indésirable pour le consommateur. C'est le phénomène de synérèse.

La solution est d'incorporer un mélange d'amidon et de carraghénane dans le lait de cuisson. L'amidon sert à capter un maximum de molécules d'eau. Les molécules d'eau qui ne servent pas à faire gonfler les grains de riz, vont se fixer sur l'amidon ajouté dans le lait. Comme l'eau est liée aux molécules, elles ne vont pas remonter à la surface.

Les carraghénanes vont avoir un rôle de stabilisant. Ils vont bloquer la remontée des molécules d'eau à la surface du dessert.



Les fabricants de desserts lactés s'inspirent de recettes traditionnelles pour nous proposer une large gamme de produits. Mais pour faire face aux contraintes des process et de la commercialisation, ils adaptent les formulations en utilisant des texturants alimentaires. On retrouve très souvent les amidons et amidons modifiés d'origines diverses, mais aussi les carraghénanes. Les alginates, le xanthane, les gomme de guar et de caroube peuvent aussi être utilisées. Souvent les fournisseurs d'additifs proposent des pré-mix permettant d'obtenir une texture optimale.

LES STABILISANTS EN GLACES

Franck NEYERS, formateur, ENILIA Surgères

RAPPELS SUR LA STRUCTURE DES SORBETS ET DES GLACES

Les glaces, crèmes glacées, sorbets, sont des mélanges instables. On parle parfois, avec abus, de « nano-émulsions foisonnées ». Plusieurs phases sont présentes dans ces produits (mousses, émulsions, solutions vraies, phases

colloïdales, solides en suspension...), plusieurs états (solides = cristaux d'eau pure, de matières grasses (MG), de lactose, liquide = eau non congelée, gazeux = foisonnement par l'air). Tous ces mélanges sont plus ou moins stables et confèrent à la glace sa texture particulière. Cette texture est très dépendante de la température, et de l'âge du produit. Les glaces ont tendance à évoluer avec le temps et à se déstabiliser (les cristaux d'eau peuvent grossir et les bulles d'air peuvent s'échapper).

Pour favoriser le vieillissement de la glace et le maintien d'une texture correcte pour réaliser des boules (boulabilité), il est utilisé des agents texturants appelés « stabilisants ». On les retrouve parfois utilisés sous le terme « stabilisateur », il s'agit d'une traduction approximative du terme anglais utilisé (« stabilize »). Utilisé à la dose de 0.3 à 0.5 % en général, ils ont surtout un rôle sur la stabilisation de la phase grasse ainsi que sur le maintien des phases air et aqueuse.

Ingrédients	Glaces	Stabilisées avec	Sorbets	Stabilisés avec	Glaces à l'eau (sucettes)	Stabilisées avec
Eau	oui	Hydro-colloïdes et émulsifiants	oui	Hydro colloïdes	oui	Hydrocolloïdes
MG	oui		non		non	
ESDI	oui		non		non	
Sucre	oui		oui		oui	
Fruits	(oui)		oui		non	
Arômes	oui		oui		oui	
Acide	non		oui		non	
Air	oui		oui	Emulsifiants ou protéines	non	

A noter que le type d'émulsifiant et d'hydrocolloïde utilisé dépend surtout du process et dans une moindre mesure de la durée de vie du produit ainsi que sa formulation

RÔLES DES STABILISANTS EN GLACES

Les stabilisants sont utilisés pour stabiliser 3 phases (réseau tridimensionnel composé d'eau, de matière grasse et d'air). En favorisant les mélanges, en immobilisant de l'eau qui cristallisera en partie, les stabilisants augmentent l'aptitude au foisonnement (capacité à prendre l'air), la stabilité du foisonnement (capacité à retenir l'air) et favorisent la texturation de la matière grasse. Ils immobilisent l'eau de la glace (cristaux eau), et réduisent la recristallisation dans le temps (cristaux qui grossissent), évitant ainsi les textures pailletées, dures, cristallines. De nombreux

stabilisants existent, mais les glaciers travaillent souvent avec une gamme assez restreinte, pour limiter les risques d'erreur notamment, et utilisent des mélanges prêts à l'emploi. Les glaciers utilisent des stabilisants différents selon le format : glace en vrac, moulée, extrudée ou artisanale à l'italienne.

Afin de stabiliser une glace (sur base matière grasse végétale) ou crème glacée (sur base matière grasse laitière), il est généralement nécessaire de combiner deux types de stabilisants. D'une part des hydrocolloïdes qui permettront de stabiliser la phase aqueuse et d'autre part des émulsifiants qui stabiliseront la phase grasse.

Le choix d'un stabilisant est un travail de discussion avec le / les fournisseurs. Les informations à donner aux fournisseurs de stabilisants pour avoir le bon équilibre hydrocolloïdes/émulsifiants sont relatives à la composition du mix : des proportions d'eau, de MG, d'extrait sec total (EST), du type de MG/protéines/sucres, des objectifs de foisonnement, ainsi que le process utilisés dépendent le choix des solutions stabilisantes.

Usuellement, on retrouve les stabilisants à un dosage voisin de 0.3 à 0.5 % au total (émulsifiant + hydrocolloïdes).



“ Les stabilisants, indispensables pour garantir la texture et le vieillissement des glaces ”

STABILISANTS LES PLUS USUELS

Les mélanges « intégrés »

Les « blends » se composent de 2 parties :

- Des émulsifiants : ils favorisent les mélanges: air / mix, MG / phase aqueuse.
- Des hydrocolloïdes : pour fixer l'eau.

On peut rajouter à ce « blend » d'autres ingrédients éventuels (dextrose, protéines de lait...). Il est toujours possible de réaliser son mélange soi-même à partir des émulsifiants, épaississants et gélifiants, mais cela est de plus en plus rare chez les glaciers (sauf en gamme bio).

Il est courant dans les applications glaces de formuler des mélanges dits 'intégrés' où les hydrocolloïdes sont dispersés dans la matière grasse contenant les émulsifiants. L'ensemble est ensuite atomisé pour être mis sous forme de poudre.

Les fournisseurs de mélanges les plus importants chez les glaciers sont :

	Gamme crèmes glacées	Gamme sorbets
Cargill (distributeur Arles)	Lygomme FM	Lygomme FZ
Dupont (distributeur Firmalis)	Cremodan SE, Ice pro	Cremodan SL
Louis François	stab 2000	super neutrose

Les hydrocolloïdes

Les stabilisants, appelés « hydrocolloïdes » sont des gommes à poids moléculaire élevé dont la principale propriété est de lier de grandes quantités d'eau, ce qui modifie la rhéologie du milieu aqueux dans lequel elles se trouvent. Ils sont épaississants et/ou gélifiants.

Cette capacité hydrophile, la viscosité développée et le pouvoir texturant apporté par les stabilisants, permettent à la glace de conserver son homogénéité et sa stabilité (c'est à dire éviter la perte d'air et la croissance des cristaux) lors du stockage et de la conservation durant la DDM (jusqu'à 24 mois). Concrètement, les hydrocolloïdes ont les aptitudes suivantes en glaces :

Pendant le process :

- Ils augmentent la viscosité du mix (propriétés épaississantes, gélifiantes, et stabilisantes) ;
- Ils permettent la rétention d'air dans le mix lors du passage sur le freezer.

Sur le produit fini :

- Ils confèrent une texture fine et onctueuse, résistante à la fusion, retardant la fonte ;
- Ils favorisent l'apparition des nucléi de glaces tout en retardant la croissance des cristaux durant le stockage ;
- Ils favorisent la stabilité du foisonnement. L'action des hydrocolloïdes peut être d'ordre physico-chimique ou d'ordre physico mécanique, ou les deux. Le choix du stabilisant (hydrocolloïde en mélange

avec un/des émulsifiant(s) doit se faire en tenant compte des critères suivants :

- de l'effet produit sur la viscosité du mélange ;
- de ses propriétés pour maintenir le foisonnement ;
- de la texture qu'il confère au produit fini ;
- de la faculté à retarder la croissance des cristaux de glace dans le produit fini ;
- du retard à la fonte ;
- du coût économique sur la recette.

A noter que la caroube est un épaississant en température positive (donc dans le mix) et devient un gélifiant en température négative (donc dans les glaces). L'alginate lui réagit en fonction de la teneur en calcium ; c'est un épaississant sans calcium et un gélifiant en présence de calcium.

Les différents hydrocolloïdes usuels disponibles :	Effet des hydrocolloïdes sur la texture (source Degussa)
Caroube E 410	+ Gélifiant
Guar E 412	
Gomme de xanthane E 415	
CMC (carboxymethylcellulose) E 466	
Carraghénanes E 407	- Épaississant
Les alginates E 401 à 405	
La gélatine E 441	
Agar-agar E 406	+ Épaississant
Blanc d'œuf	
Pectine E440	

Les émulsifiants

Les émulsifiants ont pour rôle essentiel d'abaisser la tension inter-faciale entre les deux phases non miscibles (huile/eau ou air/mix) et de favoriser la répartition de la matière grasse dans l'eau des mix pour les glaces.

Etant constitués d'une tête polaire hydrophile et d'une partie hydrophobe, les émulsifiants se placent à l'interface des deux phases et améliorent la stabilité de l'émulsion. Cette stabilité est limitée par le nombre de globules gras mais la possibilité de les entourer d'un film constitué d'émulsifiants et de protéines limite leur coalescence. Le diamètre des globules gras dépend de l'homogénéisation mise en œuvre et de sa pression, de la tension interfaciale.

Les émulsifiants agissent lors de l'étape de maturation en déplaçant les protéines adsorbées à la surface des globules gras car une compétition s'établit entre l'émulsifiant et les protéines. Ils produisent alors une désémulsification contrôlée des globules gras lors de la maturation. Sous l'effet du refroidissement, la structure protéines/émulsifiants est rompue au niveau de la membrane entourant certains globules gras, conduisant à leur éclatement et à leur agglomération partielle (clumping autour des bulles d'air dans la glace en cours de glaçage du fait de la concentration du milieu).

Lors du passage sur le freezer, sous l'effet de l'action mécanique et de la descente en température, l'émulsion est fragilisée par l'émulsifiant et un réseau tridimensionnel se forme.

D'une part, les protéines désorbées de la surface des globules gras (appauvrissement en protéines autour de la membrane) favorisent l'incorporation de l'air et d'autre part les émulsifiants situés à la surface des globules gras favorisent une agglomération partielle (phénomène de grappage).

Ce début de barattage dans le freezer améliore la tenue à l'extrusion et la résistance à la fonte.

On peut comparer cet effet à la fabrication de crème chantilly où l'action mécanique sur la crème permet le foisonnement de la crème mais si cette action est trop forte, il y aura trop de désorption des protéines et une agglomération des globules gras. Il s'agira alors d'un défaut de barattage qui peut survenir également dans le freezer lors de la fabrication des glaces.

En résumé, les émulsifiants agissent sur 3 étapes de fabrication :

1. Lors de la maturation : la compétition entre les protéines et l'émulsifiant fragilise l'émulsion et les émulsifiants prennent la place des protéines à la surface des globules gras.
2. Lors du passage sur le freezer (sous

l'effet de l'action mécanique et de la concentration de la phase aqueuse) : les émulsifiants permettent la création d'un réseau tridimensionnel et la texturation de la matière grasse (agglomération partielle).

3. Durant le stockage : les émulsifiants contribuent à la stabilisation du réseau ainsi formé dans la glace pendant la durée de vie du produit.

Le dosage des émulsifiants dans les recettes doit rester très précis suivant les constituants apportés, pour exemple dans les recettes où il y a un apport important de jaunes d'œufs, l'apport d'émulsifiants doit être plus faible que pour une recette basique. Il s'agit aussi d'adapter le dosage en fonction de la quantité de matières grasses : plus le taux de matières grasses est bas, plus l'extrait sec sera faible et donc plus il y aura d'eau, ce qui augmentera le besoin en émulsifiant.

Les émulsifiants sont également utiles pour contrôler le comportement des agents d'enrobage, réguler notamment la viscosité et la fluidité des « chocolats » liquides tout au long d'une série. Le choix d'un émulsifiant dans la composition du végécao, lui confère une résistance plus ou moins importante aux effets de fonte liés au mélange avec la glace lors des trempages successifs.

Les différents émulsifiants :

- Mono- et diglycérides d'acides gras. E 471 ;
- Ester lactique de mono et diglycérides d'acides gras. E 472 b ;
- (Ester citrique de mono et diglycérides d'acides gras. E 472 c) ;
- Lécithines. E 322 (Présence dans les jaunes d'œufs).

STABILISATION CLEAN LABEL

Afin de rassurer le consommateur, il est souvent envisagé de supprimer les « E », voire d'alléguer sur du « sans conservateur » (les stabilisants ne sont pas des conservateurs à proprement parler...). Deux solutions sont possibles, soit identifier les stabilisants par leur nom (Caroube au lieu de E 410 par exemple), soit de substituer l'ingrédient par un composant plus « naturel ». On peut alors se tourner vers des ingrédients ayant une meilleure image auprès du consommateur, souvent issus de composants des glaces avec une mise en avant de leur fonctionnalité : œufs, fibres, protéines laitières, protéines de babeurre, amidon (partiellement hydrolysé). Ces solutions, dites « clean label », permettent de produire des glaces, mais pas forcément avec le même niveau de garantie quant au vieillissement du produit. Le fait d'utiliser des ingrédients plus connus du grand public, en plus d'une démarche « clean label » permet de gagner en lisibilité, et d'afficher du « clear label », les anglicismes étant toujours plus vendeurs !

Attention toutefois aux stabilisants « cachés », présents dans les ingrédients industriels : acide citrique/citrates dans les purées de fruits pour stabiliser le pH (entre autre fonction), gélifiants et épaississants dans les crèmes UHT (0.2 à 0.3 % pour favoriser le foisonnement des crèmes homogénéisées), gélifiants dans le blanc d'œuf pasteurisé, le jaune d'œuf en bouteille (utilisés par les pâtisseries et glaciers artisanaux).

Les œufs

Historiquement, les œufs étaient utilisés avant les « E ». On les retrouve donc souvent dans des glaces authentiques. Ils sont utilisés à l'équivalent de 5 à 10 % de jaunes d'œufs (on se rapproche, voire on dépasse la catégorie « glaces aux œufs » à 7 % de jaunes d'œufs). Ils augmentent la viscosité après cuisson (rétention d'eau), facilitent les mélanges par leur lécithine. Pour des glaces peu foisonnées (25 à 50 %), des DDM courtes (12 mois maxi), ils peuvent suffire comme solutions de stabilisation. Cette possibilité est courante en crème glacée, mais est limitée cependant par l'allergène « œuf ».

Le blanc est plus rarement utilisé, mais il pourrait l'être pour ses aptitudes au mélange, au foisonnement et sa capacité de rétention d'eau par les albumines. Il reste cependant une limite qui est la génération du goût d'œuf assez rapide, même à des températures de pasteurisation classiques. Le problème de l'allergène « œuf » se pose aussi dans ce cas.

Les voies technologiques nouvelles

Les communications « clean label » des fournisseurs actuels ont lieu après un travail en amont sur la fonctionnalisation des ingrédients « naturels » : pouvoir émulsifiant des protéines de sérum, pouvoir gélifiant de ces mêmes protéines (pour un chauffage supérieur), pouvoir épaississant des dérivés de céréales, utilisation de polysaccharides plus efficaces, de fibres, de protéines... Ces ingrédients sont à tester, donnent des résultats corrects dans des conditions d'adaptation des recettes pour avoir les mêmes textures sur les mix (viscosité, aptitude et stabilité du foisonnement), et de la glace (boulabilité, cuillérabilité, palabilité, souplesse...), selon la DDM souhaitée (beaucoup plus courte chez les glaciers artisanaux).

En fabrication industrielle, la tendance

actuelle est d'utiliser des pressions d'homogénéisation plus fortes pour favoriser la texturation de la matière grasse. On peut également mentionner l'utilisation d'ultra low freezer (par exemple le Deep Blue de TetraPak) qui permet d'obtenir une glace beaucoup plus froide en sortie freezer et donc une texture plus forte grâce à l'action mécanique conjuguée à la cryoconcentration. Il est également possible de baisser la température sortie freezer en travaillant à des vitesses moindres pour obtenir le même effet.

Stabilisation en bio

On retrouve les stabilisants classiques, notamment caroube, guar, disponibles en version bio, complétés par des molécules émulsifiantes type lécithine (soja ou tournesol bio).

Il est également utilisé des sources protéiques pour émulsifier, en substitution de la lécithine ou des mono et di glycérides. On utilise des protéines de pois, de pomme de terre, de tournesol, plus ou moins purifiées, accompagnées parfois également de mono et di glycérides actifs (protéines de tournesol à 30 %). Là aussi, il faut adapter ses recettes pour avoir des mix qui se comportent de la même façon à la turbine et/ou freezer, et bien valider le produit par des tests de vieillissement qui ne laisseront pas apparaître les défauts liés à une mauvaise stabilisation : séparation de phase, dé-foisonnement, texture cristalline aqueuse, textures fuyantes en bouche.

Des solutions existent toujours pour afficher du bio, clean label, clear label, elles sont cependant à valider pour garantir l'obtention de la texture souhaitée et un vieillissement identique de la glace.



LES HYDROCOLLOÏDES DANS LES FROMAGES FONDUS

Stéphane MARTIN, formateur, ENIL Mamirolle et ENILBIO Poligny

INTRODUCTION

La famille des fromages fondus n'échappe pas à la demande de réduction des coûts, ce qui conduit à l'utilisation des hydro colloïdes et de l'amidon. Mais quand on dit « fromage fondu », cela peut renvoyer à différentes catégories de produits. Pour intégrer un ou plusieurs texturants dans la réalisation de chacune de ces catégories de fromages fondus, il faut prendre en compte 3 choses essentielles :

- Chaque catégorie renvoie à un processus de fabrication différent (en termes de choix de matières premières de base, de traitement thermique ou de conditionnement par exemple).

- Qu'est-ce que la réglementation m'autorise à ajouter et en quelle quantité?

- Quel(s) est (sont) le(s) rôle(s) que le ou le(s) texturant(s) doivent jouer ?

Vous trouverez dans cette présentation les réponses à ces questions pour chacune des catégories de fromages fondus.

En premier lieu il est important de préciser que dans la famille des fromages fondus, la quantité d'hydrocolloïdes renvoie à la mention « quantum satis » qui signifie donc « quantité requise pour » ou « quantité suffisante » [1]. L'absence de seuil chiffré demande donc une utilisation raisonnée

mais non limitée en quantité de ce type d'intrant. La quantité sera variable en fonction du type de fromage fondu. Aussi, le choix et la dose d'agents de texture sont liés à la fonctionnalité recherchée dans le produit fini et répondent à une demande de l'industriel. Le tableau n°1 résume les principaux intérêts technologiques des hydrocolloïdes par famille de fromage fondu.

Tableau n°1 : Principaux rôles des hydro colloïdes en fonction de la famille de fromage fondu

Famille de fromage fondu	Rôles des hydrocolloïdes
Portions / slices	Réduire la quantité de sel de fonte Faciliter le décollement de l'emballage Diminuer la quantité de protéines laitières
Frais Fondus	Améliorer la texture de pâte Assurer la stabilité
Blocs « à râper »	Elaboration d'un réseau gélifié dense permettant la découpe du produit en tranches ou cossettes Diminuer la quantité de protéines laitières Anti-mottant
« Crèmes de »	Assurer la stabilité et dans une moindre mesure améliorer la texture de pâte



Source : CNIEL

Fromage fondu type portion ou slice

Les doses ajoutées se limitent à environ 0.5 à 3 % [2].

Au-delà, le produit prend une structure trop gélifiée type gelée qui risque de déplaire au consommateur et qui, pour les portions, freine la tartinabilité du produit.

Trois principaux rôles sont attendus :

- Réduire la quantité de sels de fonte,

pour si possible, réduire le taux de sel et le nombre de sels de fonte différents utilisés [3]. L'hydrocolloïde va alors devoir conserver la consistance du fromage fondu et son onctuosité tout en évitant la synérèse [4]. En effet, ces derniers, lors du processus de fonte, réalisent l'hydratation des caséines nécessaire à la formation d'un sol. Cette dissolution permet de redonner la capacité aux protéines d'émulsifier la matière grasse

présente et augmente leur affinité pour l'eau. On comprendra aussi que le degré d'affinage des fromages impacte le niveau d'hydrolyse des protéines qui à son tour impactera la fonte du fromage fondu. Donc le produit fini obtenu via la fonte reste très dépendant de la qualité de la matière première.

- Faciliter le décollement de l'emballage au contact du produit.



Source : CNIEL

Fromage type « fromage frais fondu »

Ces produits sont élaborés à partir de caillé frais. Si on ajoute à ce caillé des sels de fonte, de la matière grasse, des hydro colloïdes et que le traitement thermique du fromage fondu est appliqué, on obtiendra un fromage fondu si l'extrait sec est supérieur à 40 %, sinon ce sera une spécialité fromagère fondue (valable également pour tout type de fondu, mais les frais fondus représentent la famille la plus concernée) [6]. La matière première de base étant un caillé lactique souvent gras, son niveau de minéralisation est faible. De même, l'état structurel des protéines du lait est modifié par l'acidification du caillé. La

principale mission des hydrocolloïdes utilisés sera donc de venir renforcer le réseau tridimensionnel du produit. Par conséquent, on privilégie le côté gélifiant du texturant. On rencontre ainsi des associations type carraghénane et/ou xanthane avec de la caroube (E410). En effet, le mélange carraghénane/caroube entraîne une synergie favorisant la tenue du produit. Le xanthane est utilisé pour donner de la viscosité à chaud pour une bonne texture lors du conditionnement. Par ailleurs, l'hydrocolloïde retenu doit aussi assurer une stabilité du produit dans le temps qui impactera la durée de vie du produit. En effet, cette catégorie de produit est loin de la stabilité des portions obtenues par crémage ou de celle des blocs dues à un extrait sec plus élevé.

La gélatine associée à d'autres texturants présente l'avantage de rendre le produit préhensible. Mais elle est considérée comme un ingrédient, la réglementation ne prévoit donc pas son utilisation dans les fromages fondus sauf pour les « spécialités fromagères fondues ». Cette dénomination permet l'incorporation de gélatine ou d'amidon dans la limite de 20

g/kg de produit fini, seul ou combinés ou en combinaison avec les stabilisants ou épaississants autorisés en tant qu'additifs. [6]

Fromage fondu type bloc à râper

Les fromages râpés (hors fromages fondus) peuvent contenir des amidons (ou amidons modifiés) et de la cellulose en tant qu'anti-mottant à condition que ceux-ci soient ajoutés au fromage râpé et non au fromage lui-même dans la limite de 20 g/kg pour l'amidon [6] et à la dose quantum satis pour la cellulose [1]. Les fromages fondus type bloc à râper eux, ne sont pas limités en quantité d'amidon. On retrouve également dans ces produits de l'amidon et/ou de la cellulose comme anti-mottant. Il est donc tout à fait possible de réaliser un fromage type bloc à râper à partir de poudre de caséines et d'amidons, à la condition de ne pas dépasser 10 % de caséines dans la formulation, auquel cas le produit sera considéré comme étant un analogue [7]. Dans ces produits, des amidons hydrolysés sont couramment utilisés pour construire un réseau gélifié en gardant une viscosité à chaud acceptable pour le conditionnement. Les doses d'amidon peuvent dépasser les 10 % dans les produits à faible taux protéique. L'emploi de carraghénanes est plus rare mais existe et permet de baisser sensiblement la quantité de protéines. Enfin, la gélatine est parfois utilisée, dans ce cas, le produit obtenu devient une spécialité fromagère fondue. Quel que soit le texturant utilisé dans les fromages fondus dits « blocs », il devra aussi assurer une bonne découpe du produit, que ce soit en slices ou en cossettes.



- Réduire la quantité de protéines laitières coûteuses (les produits du marché avec hydrocolloïdes, essentiellement sous marque de distributeur, ont une teneur réduite en protéines en comparaison de leurs homologues sans hydrocolloïde). En effet, si les hydrocolloïdes ne permettent pas d'hydrater les protéines, ils peuvent en partie au moins compenser deux autres intérêts, à savoir : émulsifier la matière grasse et stabiliser le « sol ». Il faut donc mettre au point une formulation impliquant à la fois les rôles des sels de fonte et ceux des hydrocolloïdes.

Dans cette famille de produit, on rencontre surtout des carraghénanes (E407) et du xanthane (E415). Les carraghénanes ont l'avantage d'avoir une forte synergie avec les caséines du lait et le calcium. La forme iota se lie au calcium, alors que la forme kappa qui peut aussi être utilisée s'associe au potassium [5]. Selon la fraction du carraghénane et la dose utilisée, on obtiendra une texture plus ou moins gélifiée. Pour les slices, la forme kappa est la plus couramment utilisée pour obtenir une bonne fermeté.

Fromage type « crème de »

Ces produits sont très en vogue actuellement. Ils font surtout référence à des fromages déjà connus du grand public. La législation prévoit par exemple pour une crème d'emmental que :

- Le produit a un gras sur sec compris entre 50 et 60 %.
- L'emmental représente au moins 50 % des matières premières laitières mises en œuvre. [6]

Différents éléments sont à prendre en compte pour déterminer s'il est utile ou non d'utiliser des texturants dans cette catégorie de produit :

- L'importante quantité de fromage utilisée dans la formulation permet un apport conséquent de protéines laitières qui pourront apporter de la structure au produit.

- Ces produits sont assez fluides et sont donc conditionnés dans des récipients fermes types pot en verre ou en plastique. Le niveau de tenue et de fermeté du produit est donc bien éloigné de ce qu'on pourrait attendre avec une portion par exemple.

- La fermeté attendue présente une certaine marge de manœuvre ou tolérance

que ne pourrait pas permettre une portion. C'est pourquoi l'utilisation d'hydrocolloïdes dans cette famille de fromage fondu est moindre mais parfois nécessaire car la stabilité est moins bonne avec une texture plus liquide. Pour améliorer la tenue, certains fabricants rajoutent des hydrocolloïdes tels que les carraghénanes, la pectine ou la caroube et des amidons n-Osa (amidon émulsifiant) pour la stabilité de l'émulsion.

AU NIVEAU DU PROCESSUS DE FONTE

Les traitements thermiques appliqués peuvent aller jusqu'au traitement UHT (145°C / 5 sec). La solubilité et le comportement à la chaleur sont donc des éléments à intégrer dans le choix du texturant. Par ailleurs, selon l'humidité finale du produit à fabriquer, il faut éviter une certaine compétition vis-à-vis de l'eau libre entre les différents produits pulvérulents ajoutés dans la matrice, en particulier les protéines. L'ordre d'incorporation de ces produits peut alors impacter l'efficacité de l'hydrocolloïde. [8]

TENDANCE 'CLEAN LABEL'

Dans un contexte où le consommateur est de plus en plus attentif à la liste des ingrédients des produits qu'il achète,

certains industriels cherchent à réduire le nombre d'additifs présent sur leurs étiquetages. Pour remplacer en partie les hydrocolloïdes et la matière grasse de produits allégés, un ingrédient a fait son apparition : l'inuline (fibre issue de la racine de chicorée). Au niveau texture, il semblerait que cette fibre puisse :

- Réduire le taux de sucre des étiquetages nutritionnels ;
- Épaissir les denrées alimentaires ;
- Remplacer les corps gras grâce à sa texture huileuse ;
- Avoir différents intérêts nutritionnels dont celui de stimuler la croissance des bifidobactéries intestinales selon un avis de l'Afssa (consommation quotidienne de 5 g d'inuline native de chicorée). [9]

Cet intrant étant un ingrédient à part entière, son utilisation dans un produit laitier interdit l'utilisation de la dénomination « fromage fondu » et renvoie à une dénomination du type « préparation alimentaire ». [10]

Une des problématiques majeures en fromages fondu est également la substitution ou la diminution des sels de fonte (phosphates et citrates), en travaillant sur les types de protéines apportées dans la recette.

Tableau n°2 : Dénominations réglementaires des produits finis selon le type d'intrant ajouté dans la formulation (parmi les intrants présentés dans cet article)

Dénomination réglementaire	Intrant utilisé dans la formulation					
	Ingrédient			Additif		
	Gélatine	Amidon	Inuline	Sels de fonte E338 - 452	Cellulose E 460	Carraghénanes E407, caroube E410, xanthane E415
Fromage affiné en tranches et râpé	/	20 g/kg pour fromages rapés	/	/	qs pour fromages rapés	/
Spécialité fromagère fondue	20 g/kg		/	20 g/kg	qs	qs
Fromage fondu	/	qs			qs	
Préparation alimentaire «succédané de fromage fondu »	qs				qs	

CONCLUSION

Le choix et la dose d'hydrocolloïdes dans une formulation de fromage fondu restent assez ouverts et dépendants du produit fini désiré. Il est donc important de bien définir en amont les attentes et échanger avec son fournisseur afin de trouver la solution répondant au besoin. Ajouter un texturant ou modifier celui (ou ceux) qu'on utilise nécessite de réaliser des essais en conditions industrielles et de s'appuyer sur des tests rhéologiques. L'utilisation d'agents texturants vient souvent allonger la liste des intrants utilisés présentés sur l'étiquette de l'unité de vente. En ce sens, le professionnel s'éloigne de la tendance actuelle du « clean label ». C'est pourquoi les principaux produits concernés sont surtout les produits à marque de distributeur.



Sources :

[1] JOURNAL OFFICIEL DE L'UNION EUROPEENNE. Règlement (UE) de la commission du 11 novembre 2011 modifiant l'annexe II du règlement (CE) no 1333/2008 du Parlement européen et du Conseil en vue d'y inclure une liste de l'Union des additifs alimentaires ; [en ligne] journal officiel, n° 1129/2011 du 11 novembre 2011. Disponible sur : <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:295:0001:0177:FR:PDF> (consulté le 31/05/2018).

[2] Phillips, G.O. and Williams, P.A. Handbook of hydrocolloids. Second edition. Woodhead publishing limited, 2009. Chap. 5, Carrageenan, p 100.

[3] Eck, André et Gillis, Jean-Claude. Le fromage. 3ième édition. Lavoisier Tec & Doc, 1997. Chap. 7, Le fromage fondu, p 699.

[4] Boutonnier, Jean-Luc. Fabrication de fromage fondu. Techniques de l'ingénieur, 2000, F 6310, p. 8.

[5] Michaela Cernikova, Frantisek Bunka, Vladimir Pavlinek, Pavel Brezina, Jan Hrabec, Pavel Valasek. Food Hydrocolloids. In Science direct. Elsevier, 2008. Effect of carrageenan type on viscoelastic properties of processed cheese, p 1054.

[6] MINISTERE DE L'ECONOMIE DES FINANCES ET DE L'INDUSTRIE, DE LA JUSTICE, DE L'AGRICULTURE ET DE LA PECHE, DE LA SANTE ET DES SOLIDARITES. Décret du 27 avril 2007 relatif aux fromages et spécialités fromagères ; [en ligne] Décret n°2007-628 du 27 AVRIL 2017. Disponible sur : <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=LEGITEX0000006056036> (consulté le 31/05/2018).

[7] JOURNAL OFFICIEL DE L'UNION EUROPEENNE. Règlement (CE) de la commission du 31 juillet 2008 portant modalités d'application du règlement (CE) no 1234/2007 du Conseil en ce qui concerne les autorisations pour l'utilisation de caséines et caséinates dans la fabrication de fromages ; [en ligne] journal officiel, n° 760/2008 du 31 juillet 2008. Disponible sur : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:02008R0760-20090701&from=FR> (consulté le 31/05/2018).

[8] Dieudonne, Patrice. Formation ANFOPEIL sur les fromages fondus. Enil Mamirolle, 2013.

[9] Site internet de l'Anses : <https://www.anses.fr/fr/system/files/NUT2004sa0365.pdf>.

[10] JOURNAL OFFICIEL DE L'UNION EUROPEENNE. Règlement (CE) du parlement européen et du conseil du 16 décembre 2008 sur les additifs alimentaires ; [en ligne] journal officiel, n° 1333/2008 du 16 décembre 2008. Disponible sur : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008R1333&from=fr> (consulté le 31/05/2018).

LA RHÉOLOGIE OU COMMENT ÉVALUER LA TEXTURE DES PRODUITS ?

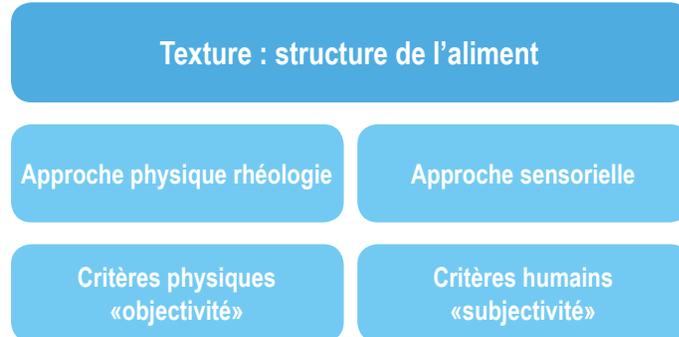
Joëlle BIRCKNER et Delphine GEHANT, formatrices, ENILBIO Poligny

INTRODUCTION : QUEL EST L'INTÉRÊT DE LA MESURE DE TEXTURE ?

La science qui étudie les déformations et l'écoulement de la matière sous l'effet d'une contrainte appliquée est appelée la Rhéologie. Le mot « rhéologie » (du grec: ρῆω (rhéō), s'écouler et λογία (logia), étude) a été proposé par Eugene Cook Bingham, en 1928.

Des mesures physiques associées permettent la visualisation du comportement d'un produit dans des conditions données d'écoulement ou de déformation. Lors des étapes de recherche et développement ou lors de la fabrication de produit il peut être intéressant de caractériser les produits de façon plus précise que ce que permet l'analyse sensorielle classique.

L'objectif n'est pas de supprimer les panels sensoriels ou d'étalonner une des mesures par rapport à l'autre. L'objectif est de faire progresser ensemble les deux techniques qui sont complémentaires.



En effet, ces données chiffrées permettront par exemple :

- de caractériser ou d'évaluer la qualité texturante des matières premières ;
- d'établir d'éventuels cahiers des charges ;
- de définir les paramètres d'un procédé (contraintes mécaniques de mélange, pompage...) et donc donner des informations précises aux fournisseurs de matériels pour caractériser les équipements ;

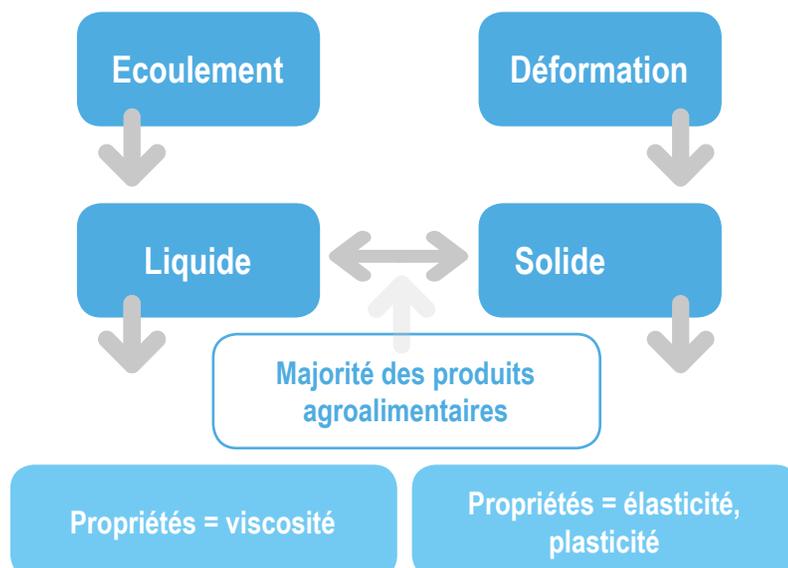
• de vérifier la régularité de la fabrication avec des outils tels que des cartes de contrôle qualité par exemple.

Après avoir rappelé quelques définitions, nous allons étudier différents moyens de caractériser la texture : mesure de viscosité, pénétrométrie, et tests de fonte appliqués aux glaces.

Pour chaque cas, un exemple de matériel sera présenté, puis nous listerons les points clés à maîtriser pour des mesures exploitables et comparables. Un cas concret sera ensuite étudié pour comprendre l'interprétation réalisée en lien avec les agents de texture utilisés.

1. MODÉLISATION

Selon les produits étudiés en rhéologie, les termes d'écoulement ou de déformation vont être utilisés.



On peut classer les produits agro-alimentaires en trois familles : produits liquides, produits intermédiaires (produits semi-liquides, semi-solides (gels) ou pâteux) et produits solides (solides divisés (poudres, farines), solides «mous», solides «durs»).

- On peut définir un liquide comme un corps qui, soumis à une contrainte, se déforme indéfiniment : il s'écoule. L'écoulement est caractérisé par une vitesse de cisaillement.

- Le solide est un corps qui, soumis à une contrainte inférieure à certaines limites, subit une déformation finie. Le solide élastique reprend instantanément sa forme lorsque l'on supprime la sollicitation.

1.1 Comportements rhéologiques des liquides

La viscosité qualifie la mesure de friction interne d'un liquide.

Pour déterminer la viscosité, il faut appliquer au liquide un gradient de vitesse de cisaillement (D ou (γ) exprimé en s^{-1}) et mesurer la contrainte de cisaillement (τ mesurée en N/m^2 ou en Pa).

La contrainte de cisaillement étant la réponse du produit qui correspond à la résistance à cette rotation.

Le gradient de vitesse de cisaillement (D ou (γ)) est généralement imposé lors de la mesure.

La contrainte de cisaillement (τ) est l'effort imposé à un corps et qui entraîne une déformation. La contrainte est définie par le rapport de la Force F s'exerçant sur une facette de portion de matière à la surface (S) de cette facette.

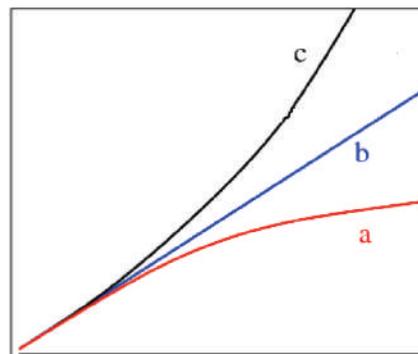
$$\tau = F/S$$

La viscosité η est définie par l'équation de newton basée sur la proportionnalité entre la vitesse de cisaillement et la contrainte de cisaillement.

$$\eta = \tau/D$$

La viscosité dite dynamique est exprimée en Pa.s. Cette unité ayant remplacé le poiseuille.

Contrainte de cisaillement τ



Vitesse de cisaillement D

Fluides Newtoniens (b)
Fluides rhéo-fluidifiants (a)
Fluides rhéo-épaississants (c)

Pour mémoire 1 Pa.s correspond à 10 Poises ou 1 mPa.s correspond à 1cPoise.

La figure n°1 montre le comportement de différents fluides.

Figure n°1 : Contrainte de cisaillement en fonction de la vitesse de cisaillement

Le tableau n°1 ci-dessous propose un classement des différents liquides : fluides Newtoniens et fluides complexes (fluides rhéo-fluidifiants ou fluides rhéo-épaississants).

Type	Caractéristiques	Exemples
Fluides usuels		
Fluides newtoniens	présentent une relation simple entre contrainte et taux de cisaillement : ils sont proportionnels. $\eta = \tau / D$ est une constante qui ne dépend que de la température et de la pression.	Eau 1 mPa.s Lait 1 mPa.s Miel 5000 à 6000 mPa.s
Fluides complexes dit non-newtoniens		
Fluides rhéo-fluidifiants	lorsque l'intensité du cisaillement augmente, la contrainte est plus faible : la viscosité diminue. Plus les fluides sont cisailés, plus ils s'écoulent facilement	Yaourts brassés
Fluides rhéo-épaississants	la viscosité augmente lorsqu'ils sont fortement cisailés.	Solution aqueuse concentrée de farine de maïs.

Tableau n°1 : Synthèse des différents fluides existants

Cas particulier d'un comportement thixotropique : la viscosité diminue à vitesse de cisaillement constante au cours du temps mais on observe une restructuration au repos. On peut observer une thixotropie totale ou partielle.

rhéologique des solides se fait généralement en appliquant une contrainte à la surface de ceux-ci. (Force par unité de surface). Il est alors possible de mesurer la résistance à cette pénétration mais il est également possible de mesurer l'adhésivité.

Nous nous attacherons uniquement à détailler le principe de l'analyse instrumentale du profil de texture (en anglais, TPA : Texture Profile Analysis). Cette analyse permet, au cours d'une même analyse, de mesurer plusieurs paramètres texturaux dont la corrélation avec certaines analyses sensorielles est élevée (voir tableau n°2).

1.2. Comportements rhéologiques des solides

La caractérisation du comportement

Des tests rhéologiques sur des solides peuvent être réalisés à partir de différents matériels réalisant des compressions uniaxiales, étirements uniaxiaux, pénétrométrie ou cisaillement simple par exemple.

La figure n°2 nous montre l'allure habituelle d'un profil de texture instrumentale simple (1 seul cycle).

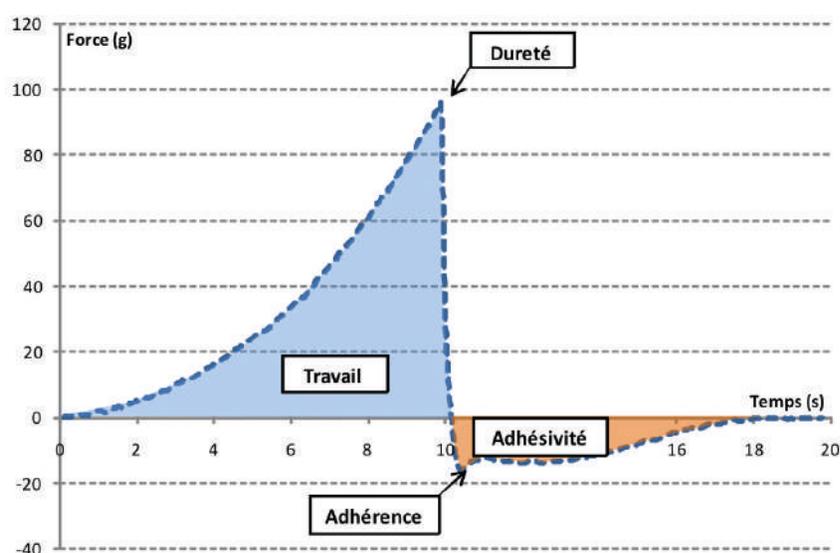


Figure n°2 : Allure d'un profil de texture instrumentale

Tableau n°2 : Définition de certains paramètres obtenus par analyse de pénétrométrie

Paramètres	Définition instrumentale	Définition sensorielle
Travail (firmness)	Force opposée par l'échantillon à la pénétration d'une distance donnée à une vitesse constante (en millijoule).	--
Dureté (hardness)	Force maximale opposée par l'échantillon lors de la pénétration (en grammes). Correspond au pic maximum.	Force nécessaire pour comprimer un aliment entre les molaires (Définie comme la force nécessaire pour atteindre une déformation donnée).
Adhésivité	Force nécessaire pour séparer le corps de pénétration de l'échantillon (en millijoule).	Effort requis pour "arracher" l'aliment de la surface par exemple langue, dent, palais.
Adhérence	Force maximum nécessaire pour séparer le corps de pénétration de l'échantillon. (en grammes).	Force maximale requise pour ouvrir la bouche après avoir mordu dans l'échantillon.

2. PÉNÉTROMÉTRIE : APPLICATION CRÈME AUX ŒUFS

Principe et méthode

Nous utilisons au sein du service Recherche et Développement de l'ENILBIO un pénétromètre type BROOKFIELD (photo n°1).

Le principe de cet appareil est d'appliquer une force sur un échantillon de produit. Cette force s'applique avec une très grande diversité de corps pénétrants (appelés mobiles ou géométries de mesure) : cylindrique, conique, sphérique, fil, lame, aiguille....

La photo n°2 présente deux exemples de mobiles pour application crèmes glacées.



Photo n°1 : Pénétromètre Brookfield CT3
Source : ENILBIO



Photo n°2 : Mobiles TA9 et TA39 pour pénétromètre Brookfield CT3
Source : ENILBIO

Les points clés à maîtriser

Les points suivants sont des éléments indispensables à maîtriser pour avoir des mesures comparables. Lors des premiers contrôles, les paramètres les plus adaptés aux produits doivent être définis au préalable et, ensuite, conservés.

Choix du mobile :

Ce choix est fonction du produit. Il est indispensable d'utiliser le même mobile pour pouvoir comparer les résultats.

La figure n°3 montre les nettes différences de profils de texture obtenus pour un même échantillon mais avec 3 mobiles différents.

Comparaison de la pénétrabilité d'une crème aux œufs "A" avec différents mobiles

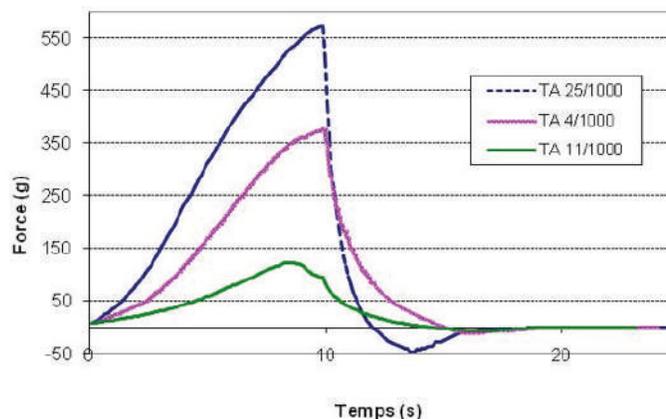


Figure n° 3 : Profil de texture d'une crème aux œufs « A » avec 3 mobiles différents

Distance de compression :

La valeur cible est à définir. A noter que l'augmentation de cette distance entraîne une augmentation des critères dureté et travail.

Vitesse :

Ce paramètre doit également être constant pour un produit donné

Comparaison de la pénétrabilité d'une crème aux œufs "A" avec un mobile TA 11/1000 à différentes vitesses

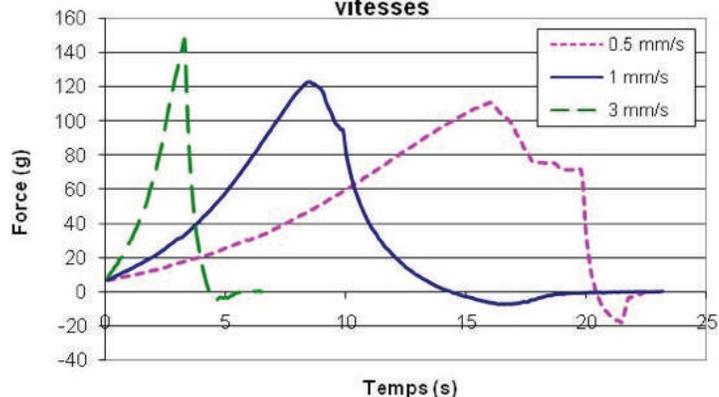


Figure n° 4 : Profil de texture d'une crème aux œufs avec 3 vitesses de mesure

En effet la figure n°4 montre bien que, pour un même échantillon, des mesures à vitesse variable (0,5, 1 et 3 mm/s) vont donner des résultats différents. Lorsque la vitesse augmente le travail (aire) diminue nettement alors que la dureté, elle, augmente.

Température de l'échantillon :

Habituellement la température d'analyse correspond à la température de consommation des produits. Par exemple 4°C+/-1°C pour des crèmes aux œufs. Afin de garantir cette température un bain-marie thermostaté peut être utilisé.

Taille de l'échantillon ou du contenant pour l'échantillon :

Au vu du principe de mesure de pression appliquée en surface, la déformation peut être différente selon l'échantillon (produit conditionné par exemple) ou le format du contenant.

Interprétation

Les données brutes de force (g) en fonction du temps sont traitées par un logiciel fourni avec le matériel d'analyse. L'interprétation se fait par l'observation des profils de texture mais également par l'analyse de données chiffrées des paramètres calculés par le logiciel et

présentés pour notre exemple dans le tableau n°3.

Résultats exemples

Dans le cadre d'un essai comparatif mené par le service Recherche & Développement de l'ENILBIO, nous avons analysé deux crèmes aux œufs n'ayant pas la même composition en terme d'agents de texture. Les résultats sont donnés dans le tableau n°3 et la figure n°5.

La recette « A » contenait de l'amidon modifié de maïs et de l'amidon de riz. La recette « B » contenait de l'amidon de pomme de terre.

		Cycle de dureté (g)	Cycle de travail (mJ)	Force d'adhérence (g)	Adhésivité (mJ)
Crème aux œufs "A"	Moyenne	573	31,5	53	1,2
	Déviation STD	16	2,3	8	0,4
Crème aux œufs "B"	Moyenne	826	61,5	104	8,8
	Déviation STD	89	9,9	3	3,2

Tableau n° 3 : Résultats de tests de pénétrométrie comparés de deux crèmes aux œufs

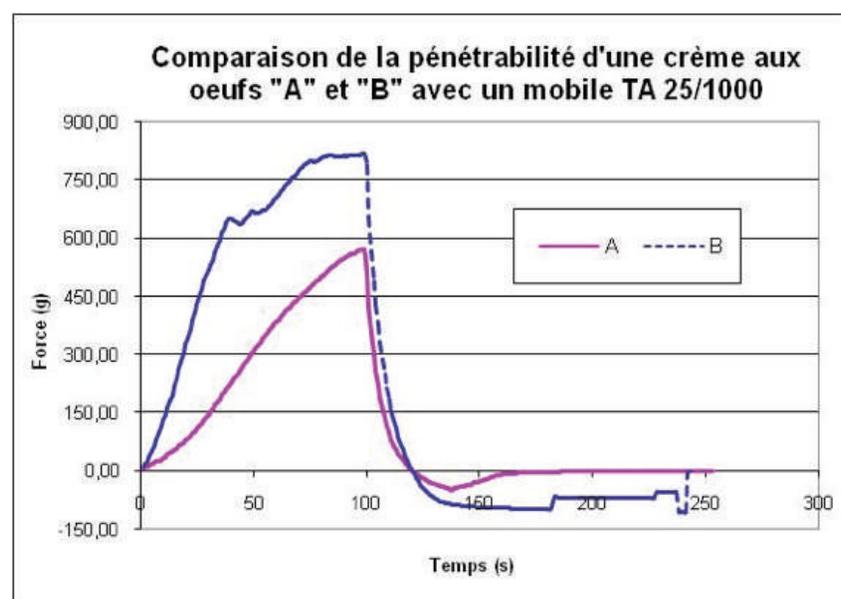


Figure n° 4 : Profils de texture comparés de deux crèmes aux œufs «A» et «B»

Ces tests permettent de mettre en évidence que, pour ces échantillons, la crème aux œufs « B » présente une texture plus ferme. En effet, les critères dureté et travail sont significativement supérieurs.

La crème aux œufs «B» est également plus collante : on note que les critères d'adhésivité et d'adhérence sont plus élevés.

Ces écarts peuvent s'expliquer par le choix de l'amidon. En effet la recette B contient de l'amidon de pomme de terre qui offre une texture plus longue et une viscosité haute.

3. MESURE DE VISCOSITÉ: APPLICATION AUX JUS VÉGÉTAUX À BASE DE SOJA

Principe et méthode

Pour les analyses de viscosité au sein du service Recherche & Développement de l'ENILBIO, nous utilisons un texturomètre RHEOMAT 300. (Lamy Rhéology).

Le principe de mesure consiste à appliquer à un produit un gradient de vitesse de cisaillement (D en s^{-1}) et de mesurer la contrainte de cisaillement résistante à cette opération (τ en Pa). Cette application se fait avec un gradient de vitesse de cisaillement croissant puis décroissant.



Photo n°3 : texturomètre RHEOMAT 300

Les rhéogrammes : contrainte (Pa) en fonction du gradient de vitesse (s^{-1}) montée et descente obtenus sont présentés en figure n°5.

Deux produits ont été comparés: S1 contenant comme agents de texture de la farine de caroube et de la pectine et l'échantillon S2 où des carraghénanes et de la gomme guar apparaissent dans la recette.

Les points clés à maîtriser

Température :

Habituellement la température d'analyse correspond à la température de consommation des produits. Par exemple $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ pour le cas des jus végétaux fermentés. Afin de garantir cette température un bain-marie thermostaté peut être utilisé. Si cela n'est pas possible, une mesure en continue de la température lors du contrôle peut aider à l'interprétation des résultats.

Zone de gradient de vitesse :

Ce choix sera fonction de la plage de viscosité du produit et des limites de l'appareil de mesure.

Choix des géométries de mesures :

Il faut utiliser, dans la mesure du possible, la géométrie donnant le maximum de sensibilité lors de la mesure. Ce choix est également guidé par la quantité de matière disponible et le contenant.

Interprétation

Les mesures permettent l'obtention d'un rhéogramme : $\tau = f(D)$

Ces courbes permettent par différentes modélisations d'accéder aux paramètres

suivants :

- K en montée / en descente : coefficient de résistance ;
- n en montée / en descente : indice de comportement ;
- τ_0 limite d'écoulement : valeur seuil pour l'écoulement du produit ;
- la viscosité à 50 s^{-1} : viscosité obtenue avec une vitesse de cisaillement de 50 s^{-1} qui correspond à la vitesse de cisaillement lors de la mastication pour ce niveau de contrainte ;
- la viscosité à 150 à 200 s^{-1} : viscosité habituellement retenue pour le dimensionnement des pompes.

Résultats exemples

Dans le cadre d'une étude, des échantillons de jus fermentés à base de soja additionnés de fruits ont été analysés. Les caractéristiques physico-chimiques des produits sont proches (voir tableau n°4). C'est un élément important à prendre en compte. La viscosité étant liée aux agents de texture utilisés mais également à la composition des produits, voire son pH.

Tableau n° 4 : Résultats d'analyses physico-chimiques échantillons jus de soja fermentés S1 et S2

Unités	EST g/kg	pH	MG %	NT g/kg
S1	186,19	4,27	1,99	5,80
S2	184,36	4,38	1,94	5,52

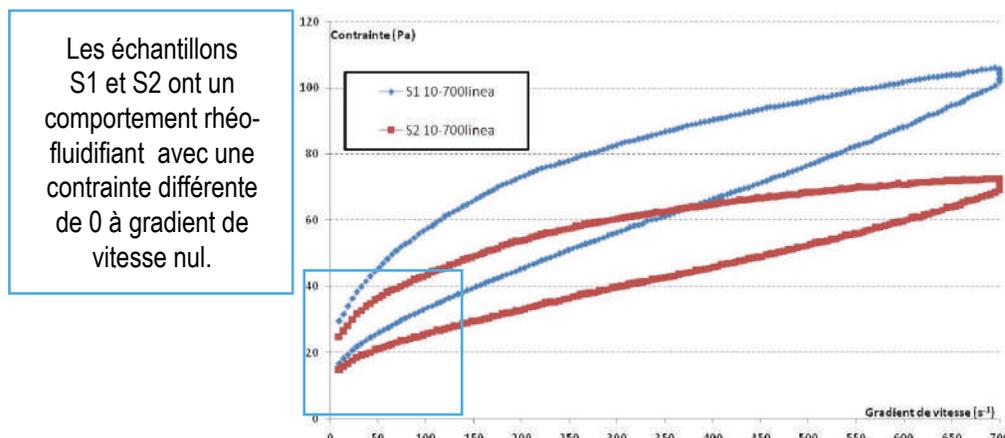


Figure n° 5 : Rhéogrammes comparés pour deux jus fermentés de Soja aux fruits

Comme nous l'avons vu dans le paragraphe 1, nous pouvons conclure au vu de l'allure des courbes que ces produits se comportent comme des fluides rhéo-fluidifiants. En effet, lorsque l'intensité du cisaillement augmente, la contrainte est plus faible : la viscosité diminue. En pratique, plus on les cisaille, plus ces fluides vont s'écouler facilement. Nous pouvons noter par ailleurs que le produit S1 présente une viscosité plus

élevée. A gradient de vitesse identique, la contrainte de cisaillement, donc la résistance du produit à cette opération, est plus élevée.

Les données brutes permettent, via le logiciel (rhéomatic) de l'appareil, de calculer des données exploitables qui sont données dans le tableau n°5.

Différents modèles mathématiques d'exploitation peuvent être utilisés pour

modéliser selon le comportement des produits. (Modèle de Ostwald, Herschel-Bulkley ou Casson).

Dans notre cas : comportement rhéo-fluidifiant et contrainte différente de 0 à gradient de vitesse nul, nous utiliserons la loi de Herschel-Bulkley. (Equation n°1)

$$\tau = \tau_0 + K\gamma^n$$

Equation n°1

		S1	S2
K en montée	Coefficient de résistance	13,3	12,8
K en descente		4,1	4,3
n en montée	Indice de comportement	0,32	0,27
n en descente		0,73	0,70
τ_0 en montée	D'écoulement (Pa)	32,2	27,6
τ_0 en descente		10,5	10,1
Viscosité à 50 s-1 (mPa.s)		889	711

Tableau n° 5: Données d'interprétation calculées

K en montée / en descente : le coefficient de résistance est légèrement plus élevé pour le produit S1.

- Le coefficient n (constante loi Herschel-Bulkley) inférieur à 1 confirme le comportement rhéo-fluidifiant.
- τ_0 limite d'écoulement : valeur seuil pour l'écoulement est légèrement supérieure pour le produit S1 en montée et en descente. La limite d'écoulement pourrait être assimilée à la quantité de produit que l'on peut mettre sur une cuillère avant l'écoulement du produit.
- la viscosité à 50 s-1 : viscosité obtenue avec une vitesse de cisaillement de 50 s-1 qui correspond à la vitesse de cisaillement lors de la mastication pour ce niveau de contrainte est, pour cette analyse, également plus élevé pour le produit S1.

On peut donc conclure que le produit S1 présente une viscosité plus élevée que le produit S2. Nous pouvons souligner également l'intérêt de la mesure chiffrée car l'analyse sensorielle de la texture par

un jury expert n'a pas permis de détecter d'écart significatif sur le descripteur «fermeté à la cuillère ». Le profil sensoriel correspondant aux produits S 1 et S2 est donné en figure n°6.

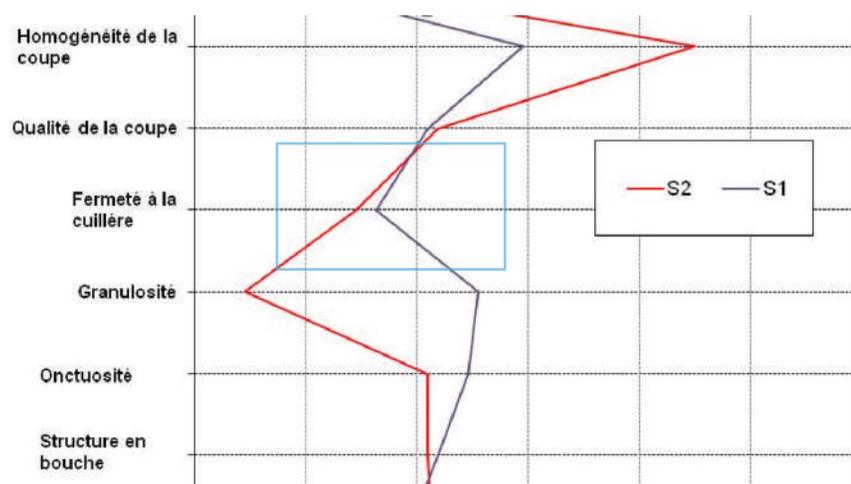


Figure n° 6 : Profil sensoriel des deux jus fermentés de Soja S1 et S2

Il n'y a pas de différence significative en terme de Fermeté à la cuillère pour les échantillons S1 et S2.

4. TEST DE FONTE : APPLICATION AUX GLACES

Principe et méthode

Ce test indique la capacité de la glace à résister à la fonte lors de variations de température pendant un temps donné. C'est une méthode empirique, qui est le reflet d'un certain nombre de facteurs comme la conductivité thermique, la microstructure et la formulation de la glace.

Le principe repose donc sur le fait de comparer des cinétiques de fonte en plaçant un cube de glace (préalablement stocké à -18 °C) de volume connu sur une grille.

Un emporte-pièce est utilisé afin de permettre d'obtenir un volume constant entre les échantillons. Une balance avec un bécher est placée sous la grille afin de récupérer la glace qui fond. Les balances sont reliées à un ordinateur équipé d'un logiciel qui relève les poids à fréquence régulière. L'ensemble de l'installation est placé dans une salle fermée à 25 °C, évitant ainsi les courants d'air qui pourraient affecter les transferts de chaleur. Ces analyses sont faites en double.

Dans le cas d'essais de formulation, ceux-ci seront comparés à une formule standard.

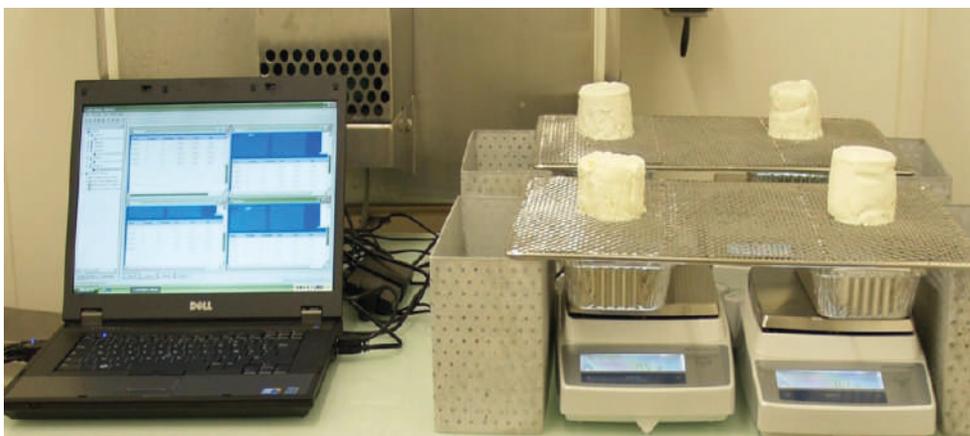


Photo n°4 : Tests de fonte en cours de réalisation

Cette analyse peut être effectuée sur des produits nouvellement fabriqués ou après des tests de vieillissement.

Les points clés à maîtriser

Comme il s'agit de comparatif de fonte, il est important que :

- Les mesures soient réalisées simultanément afin d'être dans des conditions totalement identiques.
- Ces mesures soient réalisées dans une salle où la température est stable.
- Le volume de glace soit équivalent entre les essais.

Interprétation

Le logiciel de mesure permet une récupération des données brutes sur Excel. Les poids de glace fondue

sont mesurés en g, puis convertis en pourcentage de glace fondue.

Les valeurs interprétées sont :

- Le temps pour obtenir 5 % puis 50 % ou 100 % de fonte.
- Le pourcentage de glace fondue en 1h, 2h et à la fin de test.
- L'aspect de la glace fondue, avec une éventuelle synérèse.

Résultats exemples

Ci-dessous, les résultats d'un comparatif mené par le service Recherche & Développement de l'ENILBIO, sur des glaces à 28 % de taux de foisonnement. On compare donc le témoin, sans agents de texture et un essai élaboré avec un stabilisant clean label (Stabimuls IC 90500) contenant des fibres végétales fonctionnelles, du jaune d'œuf et de l'amidon.

	Témoin	Stabilisant clean label
Temps pour obtenir 5 % de fonte en min	20	25
Temps pour obtenir 50 % de fonte en min	43	56
Temps pour obtenir 100 % de fonte en min	70	97

Tableau n° 6 : Résultats test de fonte pour témoin et échantillons avec addition de stabilisant.

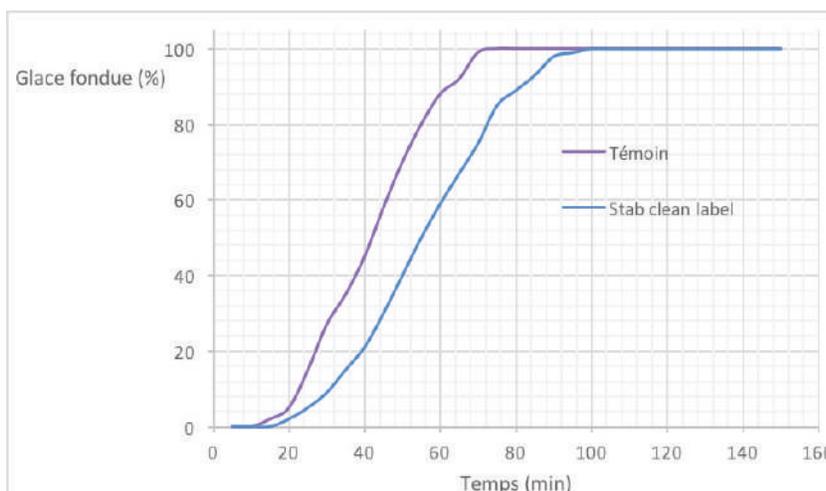


Figure n° 7 : cinétique de fonte pour les 2 échantillons : témoin et avec addition de stabilisant

On constate donc une modification des cinétiques de fonte.

On peut supposer que l'utilisation de stabilisant a un impact sur la répartition des bulles d'air (effet isolant) et sur l'émulsion de la matière grasse qui vient stabiliser la mousse et donc ralentir la fonte.

Les propriétés fonctionnelles des fibres végétales, en liant de l'eau, peuvent aussi avoir un impact sur la résistance à la fonte des glaces mais surtout sur la taille des cristaux de glace et l'amélioration du vieillissement.

5. CONCLUSION

Les analyses rhéologiques présentées peuvent être utilisées par les services de recherche et développement, mais également comme outil de mesure en production.

Comme nous l'avons évoqué en précisant les points clés à maîtriser, ces analyses impliquent une grande rigueur dans le choix des paramètres de mesure. En effet, dans le cas contraire les résultats ne pourraient pas être comparés.

Sources :

- Scher Joël. Rhéologie, texture et texturation des produits alimentaires. Techniques de l'Ingénieur, F3300 V3, 2006 revue 2014.
- Michon Camille, Bosc Véronique et Cuvelier Gérard. Gels de biopolymères naturels pour formulation agroalimentaire. Techniques de l'Ingénieur, J 2 220, 2010.
- BROOKFIELD _ ANALYSE DE TEXTURE document commercial.
- Portail Philippe. LAMYRHEOLOGY Formation en Rhéologie appliquée, 2013
- Guazzelli Elisabeth. Rhéologie des fluides complexes.2001.

TROUVEZ VOTRE FUTUR EMPLOYÉ AVEC ENILJOB.FR



Un service qui vous met en **relation** avec des **candidats** motivés, diplômés dans les ENIL et compétents dans **les secteurs qui vous intéressent** !

- Diffusion et Consultation d'offres en ligne
- Accès à la CVthèque
- Contact direct avec les candidats

- Affichage des offres dans les ENIL
- Suivi des offres
- Gratuité des offres de stage

TARIFS

Entreprise de -10 salariés
1 offre/ 3 mois **42 €**

Entreprise + 10 salariés
1 offre/ 3 mois **100 €**

Cabinet de recrutement/Agence intérim
1 offre / 3 mois **210 €**

PACKS ANNONCES
5 offres/ 1 an **400 €**
10 offres/ 1 an **700 €**
50 offres/ 1 an **3000 €**

**Pour diffuser une offre d'emploi ou une offre de stage :
Créez un compte en ligne sur www.eniljob.fr ou contactez-nous**



www.eniljob.fr

Ecrivez-nous : service.emploi@anfopeil-enil.fr

INTERVIEWS

« Tendances actuelles en industrie laitière »

Fabien Canivet, Algaia et Anne-Laure Rouger, Cargill

Fondée en 2016, Algaia propose des produits et solutions naturels dérivés de la mer pour l'agro-nutrition, la cosmétique et le nutraceutique.

Structuration de la société:

- Une usine près de Brest : Production d'alginate : extrait d'algues brunes de la mer d'Iroise
- Un centre R&D à Saint-lô
- Des bureaux commerciaux à Paris
- Un Partenaire (Gelymar) au Chili : Production de carraghénanes,

Nos gammes de produits texturants

- Alginate
- Carraghénanes
- Mélanges fonctionnels (Customized solutions)

L'alginate est un extrait naturel d'algue brune. Cet hydrocolloïde peut être utilisé en tant que stabilisant, gélifiant, épaississant ou pour ses propriétés filmogènes.

Historiquement utilisé en industrie textile, l'alginate a depuis fait ses preuves dans l'industrie de la viande, dans les applications boulangères, pâtisseries, préparation de fruits, crèmes glacées pour n'en citer que certaines.

Aujourd'hui notre société travaille au développement de la gamme d'alginate afin de proposer une solution texturante dans toutes les applications alimentaires que ce soit les applications laitières (processed-cheese, crème dessert, flan...) mais aussi dans les applications Vegan (lait végétal,...) et une multitude d'applications pour la formation de gelules, membranes (analogues caviar...) , micro-encapsulation (dans les applications santé et bien-être (effet probiotique et fibre diététique). Les alginate peuvent aussi être utilisés pour leurs propriétés thermostables. Par exemple, l'alginate est utilisé en processed cheese en association avec le carraghénane de type Kappa 2 afin d'obtenir un produit texturé, avec du corps en bouche et thermostable afin de limiter la fonte.

Cargill, groupe familial américain fondé en 1865, compte 155 000 employés répartis dans 62 pays.

Il est présent sur 4 segments clés : l'alimentaire, l'agriculture, la finance et l'industrie.

Cargill compte de nombreux sites de production à travers le monde.

Dans le domaine alimentaire, Cargill produit des poudres de cacao et chocolats, des huiles et matières grasses, des produits sucrants et édulcorants, ainsi qu'une large gamme de produits texturants tels que : les lécithines et autres émulsifiants, les amidons et maltodextrines, les carraghénanes, les pectines et la gomme xanthane. Cargill propose également différentes gammes de mélanges fonctionnels associant ces produits à d'autres texturants tels que les galactomananes par exemple, afin de répondre à l'ensemble des demandes client.

Ces produits peuvent être utilisés dans de nombreuses applications, tels que les produits laitiers.

Cargill dispose de nombreux centres de Recherche et Développement, comprenant des installations pilote semi-industrielles, permettant de reproduire tous les produits laitiers (crèmes desserts, desserts gélifiés, mousses, fromages, crèmes glacées...).

Ainsi, le centre de développement de Baupré est présent sur toutes les catégories de produits laitiers.

Cargill utilise à la fois les propriétés intrinsèques de chaque agent de texture, mais aussi les synergies entre ces agents pour formuler des produits afin de répondre aux conditions de fabrication des clients et aux propriétés recherchées, tout en respectant le cadre réglementaire.

Agents de texture et Produits laitiers

L'application crèmes glacées est aussi un secteur privilégié pour l'alginate car il permet de limiter la formation de cristaux de glace dans la matrice et permet d'avoir un produit stable à la congélation décongélation.

Les carraghénanes extraits d'algues rouges fraîches permettent de conférer des propriétés texturantes uniques avec plus particulièrement des carraghénanes type Kappa II et lambda très demandés par l'industrie laitière. Algaia propose dans sa gamme texturante des mélanges fonctionnels faciles à utiliser en tenant compte des synergies qui peuvent exister entre les hydrocolloïdes. (par exemple l'alginate et la pectine).

Agents de texture et Produits laitiers

Par exemple, Cargill utilise :

- l'association des carraghénanes et des amidons dans les desserts laitiers,
- les pectines dans certaines boissons laitières,
- les mélanges fonctionnels dans les crèmes glacées, en encapsulant les texturants dans une matrice d'émulsifiants, facilitant leur mise en œuvre.

La complète solubilisation de l'hydrocolloïde est une étape clé afin de bénéficier de la capacité maximale de l'hydrocolloïde. Dans un premier temps, il faut pré mélangier les poudres ensemble, cette étape permet d'individualiser les grains de texturants et limiter la formation de grumeaux.

Il peut être également conseillé de préparer une pré solution dans l'eau ou de travailler

avec des températures plus élevées pour faciliter la dispersion et l'hydratation. Dans la racine du mot hydrocolloïde, il y a «hydro» donc il est nécessaire d'avoir de l'eau dans la matrice pour la solubilisation/activation de celui-ci, c'est pour cela que pour les produits à fort extrait sec, la quantité d'eau peut être une limite à la dispersion et l'hydratation des poudres.

Points clés pour l'utilisation des agents de texture

Les consommateurs souhaitent avoir des produits texturant d'origine naturelle ayant une "bonne image". En effet, si l'on prend l'exemple des alginates, ceux-ci véhiculent aujourd'hui une image positive. Elle est aujourd'hui renforcée par le fait que les Etats Unis viennent de les classer depuis Septembre 2018 comme des fibres diététiques ce qui nous permet de positionner les alginates dans la catégorie des produits à allégation "Clean image". Les consommateurs font également part de leurs souhaits d'avoir des produits élaborés sans produits d'origine animale : le Vegan. L'émergence de cette nouvelle famille de produit est un nouveau challenge pour les entreprises comme la nôtre car elle nous permet de nous réinventer et de proposer de nouvelles innovations. Les alginates se positionnent aujourd'hui comme un produit texturant « santé » de plus en plus reconnu et convoité par l'industrie (effet probiotique reconnu).

Tendances actuelles

La simplification des étiquetages (« clean label ») par la rationalisation du nombre d'ingrédients et par le choix des agents utilisés, tout en conservant les propriétés sensorielles des produits correspondent aux attentes des consommateurs qui veulent un étiquetage clair.

Cargill travaille activement pour développer des solutions texturantes répondant à ces attentes. Le développement de la nouvelle gamme d'amidons Simpure™ en est un exemple.

«Clean Label» :

Le clean label est une tendance mais celui-ci évolue vers un « clean label » sélectif c'est-à-dire que des listes positives et négatives existent aujourd'hui ce qui classe les texturants dans de nouvelles catégories de produits à utiliser ou à éviter.

Nous sommes sensibles à cette tendance c'est pour cela que nous avons des projets en cours afin de proposer des produits « Clean label » qui peuvent apporter une fonctionnalité intéressante en association

avec nos texturants. Par exemple, nous lançons fin 2018 la commercialisation d'une fibre végétales fonctionnelle qui a un très

fort pouvoir de rétention de l'eau et qui peut être très intéressante en association avec nos hydrocolloïdes.

Ce nouveau challenge nous incite à innover et proposer des produits très fonctionnels afin de rationaliser le labelling.

Tendances actuelles

Une autre tendance est celle de l'environnement. Le process de production des carraghénanes nécessite une grande quantité de vapeur, c'est en prenant ce besoin en considération que Gelymar a planté autour de l'usine de production des forêts d'Eucalyptus (arbre à croissance très rapide) qui sont utilisés pour la production de vapeur dans une chaufferie bois industrielle.

Les co-produits de la production de carraghénane (celulose d'algue en particulier) sont utilisés en tant qu'amendement du sol pour aider à la croissance de nouveaux Eucalyptus ce qui constitue un cycle complet.

En ce qui concerne les alginates, nous travaillons sur des algues fraîches Bretonnes qui poussent sans pesticides, sans fertilisants et sans irrigation. La réglementation pour l'exploitation de cette ressource est très réglementée ce qui permet un respect de la ressource.

Problématiques de ressources et développement durable

Cargill a investi dans plusieurs programmes d'approvisionnement responsables notamment sur la production de carraghénanes et certains amidons avec un travail sur toute la filière, du fermier jusqu'à la production.

Source : CNIEL



STAGES ANFOPEIL

Thierry MICHELET, Coordinateur-Responsable pédagogique, ANFOPEIL

Les agents de texture interviennent dans la composition de nombreux produits laitiers. La bonne connaissance de leur nature, de leurs propriétés et de leurs conditions de mise en œuvre est importante pour le technologue.

Plusieurs formations ANFOPEIL vous permettront d'approcher ces problématiques tant au niveau théorique qu'au niveau pratique. En effet, nos stages en technologie laitière intègrent des séances de travaux pratiques qui illustrent concrètement la formulation, la préparation des mix et la fabrication des produits.

Nous pouvons noter quelques stages qui se dérouleront sur 2019 et qui traitent des agents de textures :

Stage 17 (et 27) Technologies et propriétés fonctionnelles des mozzarellas, pizza cheese et leurs analogues	Mamirolle	Semaine 26 24/06 (13h30) au 28/06 (12h)	Caractérisation matrice fromagère type "Mozzarella" avant filage et des pâtes filées ainsi que leurs analogues - Technologies traditionnelles et process Pizza Cheese/LMMC - Maîtrise du filage - Nouvelles voies de fabrication des pâtes filées - Applications pratiques
Stage 19 Technologie des fromages fondus	Mamirolle	Semaine 15 09/04 (13h30) au 12/04 (12h)	Réglementation - Technologie de la fonte : influence et choix des matières premières et additifs, paramètres de maîtrise - Principes de rhéologie en fromagerie - Évaluation des produits et caractérisation rhéologique - Applications pratiques
Stage 28 Bases de technologie des produits laitiers frais	Surgères et Poligny	Semaine 21 et Semaine 45	Composition du lait - classification des différentes familles de produits laitiers frais - Présentation et conduite des étapes de fabrication d'un dessert laitier neutre, fermenté, d'un fromage frais et d'un beurre de consommation sur le laboratoire
Stage 32 Technologie fromagère appliquée aux pâtes fraîches et cream cheese	Poligny	Semaine 40 30/09 (13h30) au 04/10 (12h)	Caractérisation des produits et réglementation - Différentes étapes de fabrication - Différentes technologies - Défauts et causes possibles - Stabilisation des produits - Utilisation d'intrants (hydrocolloïdes ...)
Stage 35 Technologie de fabrication des spécialités fromagères et de fondus appliquées aux pâtes fraîches	Actalia Surgères	Semaine 14 03/04 (9h) au 04/04 (17h30)	Réglementation - Technologies de fabrication des pâtes fraîches et des spécialités fromagères et fondus à partir de pâtes fraîches - Matières premières et auxiliaires technologiques - Matériels - Points critiques - Travaux pratiques
Stage 36 Bases de technologie des glaces et sorbets	Surgères	Semaine 45 04/11(13h30) au 08/11 (12h)	Composition des produits - Législation - Ingrédients - Étapes de fabrication et maîtrise qualité - Applications pratiques
Stage 37 Savoir formuler ses glaces	Surgères	Semaine 12 19/03 (9h) au 21/03 (16h30)	Connaissance de la législation - Connaissance des ingrédients - Réalisation et utilisation de tableurs analytiques destinés aux glaces - Réalisation de recettes - Fabrication de glaces

NB : Les descriptifs complets des stages sont disponibles sur notre site : www.anfopeil-enil.fr

N'hésitez pas à contacter le Réseau des ENIL/ANFOPEIL pour toute demande de formation « à la carte » sur ces thématiques ou d'autres.

Le réseau des ENIL/ANFOPEIL

BP 10025 • 39801 POLIGNY CEDEX
Tél : 03 84 37 27 24 • Fax : 03 84 37 08 61
accueil@anfopeil-enil.fr

Responsable administrative

Christine GRILLOT
christine.grillot@anfopeil-enil.fr

Coordinateur - Responsable pédagogique :

Thierry MICHELET : thierry.michelet@anfopeil-enil.fr
06 44 71 15 83



Les nouveaux stages du catalogue ANFOPEIL 2019

LAITS ET PRÉPARATION DES LAITS

- A la découverte du lait et de la transformation laitière : 2 jours

TECHNOLOGIE FROMAGÈRE

- Maîtriser la coagulation : 2 jours
- Maîtrise des phages en transformation fromagère : 1 jour
- Technologies et propriétés fonctionnelles des fromages à pâtes dures et semi-dures destinés aux PAI : 4 jours
- Indicateurs de performance en fabrication fromagère : 3 jours

PRODUITS LAITIERS FRAIS

- Bases de technologie des produits laitiers frais : 3 jours
- Connaissance des protéines végétales et leur utilisation dans les produits frais : 2 jours
- Comportement et caractérisation des jus végétaux en desserts neutres et fermentés : 2,5 jours
- Lait et crème de consommation : 3,5 jours

LABORATOIRE

- Bases de microbiologie laitière et laboratoire : 4 jours
- Bases de chimie et biochimie laitières et laboratoire : 4 jours
- Techniques analytiques en microbiologie laitière : 4 jours
- Techniques analytiques en chimie et biochimie laitières : 4 jours

Retour sur la revue N°347 : Les Coagulants

Dans le cadre de la revue des ENIL n°347 sur les coagulants, deux erreurs ont été relevées. Nous tenions à les rectifier.

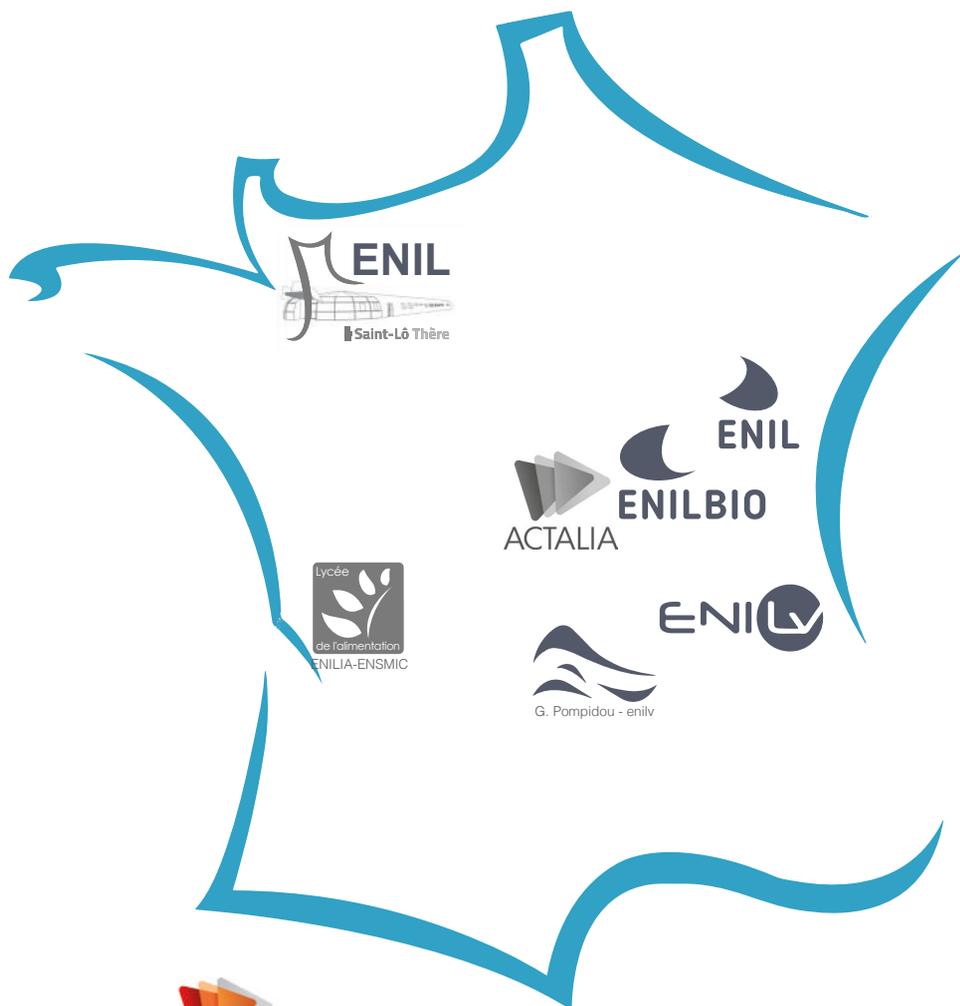
En bas de la page 5, colonne de gauche, il est indiqué : "Pour des raisons microbiologiques, cette présure en pâte traditionnelle peut être remplacée par de la présure en pâte reconstituée. Il s'agit d'un mélange de poudre de lait avec des enzymes coagulantes, en principe de la présure sous forme liquide. Des estérases prégastriques sont également ajoutées."

Nous souhaitons préciser que, selon la définition Française de la présure (décret n° 69-475), ce type de préparation en pâte ne correspond pas à de la présure.

En page 18, nous écrivions que "Les fromages AOP sont très majoritairement obtenus par coagulation du lait par la présure...". Il est à préciser que TOUS les fromages AOP sont obtenus par coagulation du lait par la présure. En effet, le décret n° 2006-416 du 6 avril 2006 relatif aux additifs et traitements autorisés pour les appellations d'origine contrôlées laitières décrète dans l'article premier : « En outre, sauf précision contraire ou complémentaire prévue dans le décret ou le règlement technique d'application d'une appellation d'origine contrôlée : l'opération d'emprésurage des laits doit être réalisée exclusivement avec la présure (définie par le décret n° 69-475 du 14 mai 1969 modifiant l'article 24 du décret du 25 mars 1924).

Stéphane Gavoye

LE RÉSEAU ANFOPEIL



ENIL
25620 MAMIROLLE
Tél. 03 81 55 92 00

Conseiller Formation : A. COINTE
E-mail : adeline.cointe@educagri.fr

JPO : 09/02 et 09/03



ENILBIO
39801 POLIGNY
Tél. 03 84 73 76 76

Conseiller Formation : I. FRIMOUT
E-mail : isabelle.frimout@educagri.fr

JPO : 09/02 et 09/03



ENIL
50620 LE HOMMET D'ARTHENAY
Tél. 02 33 77 80 82

Conseillère Formation : A. deschenes
E-mail : agnes.deschenes@educagri.fr

JPO : 26/01 et 09/03



ACTALIA
01000 BOURG-EN-BRESSE
Tél. 04 92 34 71 86

Conseillère Formation : S. FONTAINE
E-mail : s.fontaine@actalia.eu



ENILIA
17700 SURGÈRES
Tél. 05 46 27 69 00

Conseiller Formation : E. AUDEBERT
E-mail : emmanuel.audebert@educagri.fr

JPO : 02/02 et 25/05



ENILV
15000 AURILLAC
Tél. 04 71 46 26 60

Conseillère Formation : C. ARSAC
E-mail : celine.arsac@educagri.fr

JPO : 09/02 et 09/03



ENILV
74805 LA ROCHE-SUR-FORON
Tél. 04 50 03 47 13

Conseillère Formation : J. DEBALLON
E-mail : julie.deballon@educagri.fr

JPO : 09/02 et 09/03

Membres du réseau des ENIL

enil
Le Réseau
des Ecoles Nationales
d'Industrie Laitière