

Intérêt de la mesure de la texture des fruits dans l'évaluation de leur qualité

C MOUQUET
Cirad-Sar
73, rue J-F-Breton
BP 5035
34032 Montpellier cedex 01
France

Intérêt de la mesure de la texture des fruits dans l'évaluation de leur qualité.

RÉSUMÉ

Pour un produit alimentaire à base de fruit, la mesure de la texture permet d'optimiser la formulation ou le procédé de transformation afin d'améliorer les qualités sensorielles ou technologiques du produit. Toutefois, l'hétérogénéité de structure de la plupart des fruits constitue une difficulté majeure pour l'obtention de résultats fiables. Chaque étude entraîne la mise au point d'une méthode empirique spécifique. Deux applications sont présentées : la résistance à la rupture de chips de bananes, qui traduit le caractère « croustillant » recherché pour le produit, a été étudiée sur la variété Poyo, à différents stades de maturité ; cette étude a montré l'importance du choix des conditions de mesure. Par ailleurs, la rapidité de la prise en gel des fruits retexturés conditionne la faisabilité industrielle du procédé de retexturation. À partir de l'étude de l'évolution de la fermeté du gel issu de la retexturation de pulpe de fruits de la passion, il est possible de proposer une méthode pour surmonter certaines contraintes de fabrication.

MOTS CLÉS

Fruits, produit végétal transformé, banane, grenadille, texture, mesure.

Assessing fruit quality through texture measurements.

ABSTRACT

Formulations or techniques for processing fruit-based products can be optimized through texture measurements, thus helping to improve the organoleptic or technological qualities of the product. However, the structural heterogeneity of most fruits is a major obstacle that has to be overcome to obtain reliable results. Each study leads to the development of a specific empirical method. Two applications are presented: the puncture strength of banana chips, which characterizes the crispy texture required for this product, was studied with cv Poyo at different ripeness stages; the results highlighted the importance of choosing optimal measurement conditions. The quickness of gel setting for texturized fruit determines the industrial feasibility of the texturing process. A technique could be developed to overcome some manufacturing constraints, based on the results of an analysis of firmness changes in gels derived from a passion fruit pulp texturing process.

KEYWORDS

Fruits, processed products, bananas, passion fruits, texture, measurement.

Interés de la medida de la textura de las frutas en la evaluación de su calidad.

RESUMEN

Para un producto alimentario a base de fruta, la medida de la textura permite optimizar la formulación o el proceso de transformación afin de mejorar las calidades sensoriales o tecnológicas del producto. Sin embargo, la heterogeneidad de estructura de la mayoría de las frutas constituye una dificultad mayor para la obtención de resultados fiables. Cada estudio genera la elaboración de un método empírico específico. Dos aplicaciones son presentadas : la resistencia a la ruptura de patatas fritas de banano, que traduce el carácter « crujiente » buscado para el producto, se estudió sobre la variedad Poyo, en diferentes estados de madurez ; este estudio mostró la importancia de la selección de las condiciones de medida. Por otra parte, la rapidez de la coagulación de las frutas retexturizadas condiciona la factibilidad industrial del proceso de retexturización. A partir del estudio de la evolución de la consistencia de la coagulación obtenido con la retexturización de pulpa de frutas de la pasión, es posible proponer un método para superar ciertos apremios de fabricación.

PALABRAS CLAVES

Frutas, productos procesados, banano, grenadilla, textura, medición.

Reçu le 7 octobre 1996
Accepté le 28 février 1997

Fruits, 1996, vol 51, p 307-315
© Elsevier, Paris

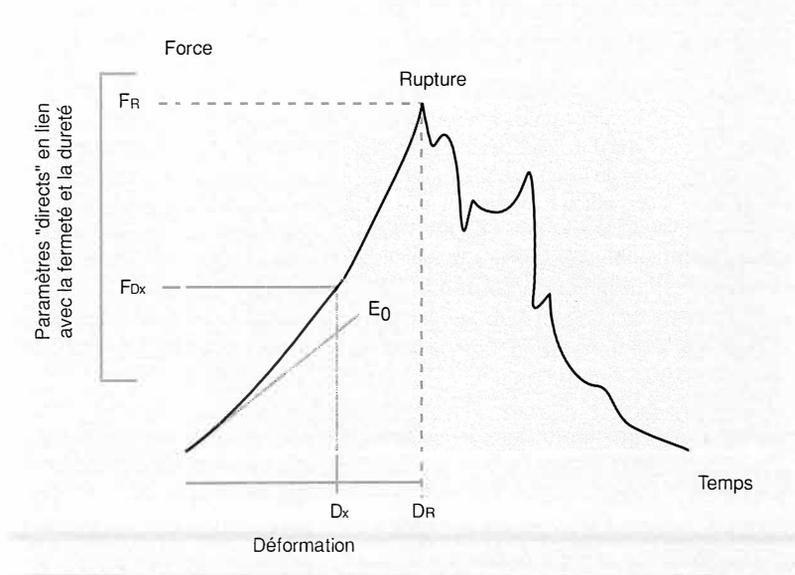
introduction

La texture, qui rend compte de la fermeté des fruits, est un paramètre essentiel de la qualité des fruits. Le pénétromètre est l'outil de mesure habituellement utilisé pour évaluer la maturité des fruits frais, à partir de leur fermeté. Cependant, cette méthode, destructive, est actuellement en perte de vitesse et d'autres procédés, non destructifs, sont recherchés dans ce domaine.

Pour les fruits transformés, le problème de destruction ne se pose pas ; l'objectif général de la réalisation de mesures de texture est d'optimiser une formulation ou un procédé de transformation, pour améliorer les qualités sensorielles ou technologiques d'un produit. Le texturomètre est alors un outil performant qui permet de caractériser le produit issu de la transformation des fruits.

Le document présente les caractéristiques de l'utilisation de cet outil et certaines applications qui mettent en évidence l'intérêt de la mesure de la texture des fruits pour l'évaluation de leur qualité.

Figure 1
Principe d'une mesure de texture : enregistrement de la réponse d'un matériau à une sollicitation mécanique. La courbe représente la déformation observée en fonction de la force appliquée [$Force=f(déformation)$].



les paramètres de mesure de la texture

« La texture d'un produit alimentaire correspond à ce que l'on perçoit de la structure de cet aliment grâce aux organes sensoriels. Le sens du toucher est plus particulièrement concerné, mais l'ouïe et la vue peuvent également entrer en compte » (MIOCHE et TOURAILLE, 1990).

Cette définition, choisie parmi de nombreuses autres (BOURNE, 1982), rend compte de la complexité qu'il y a à tenter de quantifier cet aspect de la qualité des fruits.

le texturomètre

Le texturomètre est un instrument dérivé des machines de traction-compression élaborées pour la caractérisation des matériaux. Le principe consiste à appliquer, sur l'échantillon, une sollicitation mécanique à l'aide d'un plongeur de forme variable (contrainte imposée ou déformation imposée) et à mesurer la réponse de l'échantillon à cette sollicitation (figure 1). Les courbes force = $f(déformation)$ ou force = $f(temps)$ permettent alors de déterminer divers paramètres :

- des paramètres « directs », obtenus par simple lecture sur la courbe, représentatifs de la fermeté et de la dureté de l'échantillon,
- des paramètres « indirects », obtenus par calcul à partir des paramètres directs et qui pourront être liés au caractère élastique de l'échantillon.

les différentes catégories de mesure de la texture

SCOTT BLAIR (1958) a proposé de diviser les méthodes de mesure de texture en trois catégories :

- Les mesures fondamentales ont l'avantage de caractériser le produit étudié, indépendamment du procédé utilisé pour les effectuer. Ces méthodes exigent des conditions

de mesure très difficiles à mettre en œuvre (très faibles déformations, par exemple) et sont, pour cette raison, peu répandues.

- Les mesures empiriques sont liées à la géométrie de la sonde de mesure ou de l'échantillon et au mode de sollicitation adopté ; elles ont une valeur essentiellement comparative.

- Les mesures imitatives consistent à appliquer sur l'échantillon une sollicitation imitant les conditions d'utilisation ultérieure de l'échantillon. Par exemple, une sonde conique peut être utilisée pour soumettre l'échantillon à une sollicitation proche de celle exercée par une dent.

Ces deux derniers groupes de mesure sont les plus couramment utilisés.

les problèmes posés par la mesure de la texture sur fruits

Sur fruit, la réalisation de la mesure de la texture pose un certain nombre de problèmes (figure 2) :

- Les critères sensoriels de texture comme, par exemple, le croustillant, le gluant ou le fondant sont multidimensionnels. Il est très difficile de les corrélés à un paramètre instrumental unique. Cela est d'ailleurs vrai pour tous les aliments.

- Les fruits présentent une hétérogénéité naturelle de structure qui augmente la variabilité des mesures : leur taille et leur forme sont variées et il est souvent difficile de découper des éprouvettes de mesure aux dimensions parfaitement reproductibles. De plus, la structure « anisotrope » de la plupart des fruits, par exemple fibreuse pour la mangue ou carpellaire pour la pomme et la banane, ou la présence de peau, de pépins ou de noyaux peuvent également gêner la réalisation de mesures correctes.

Le seul moyen de pallier ces problèmes est de développer, dans chaque cas, en fonction du paramètre de texture que l'on veut étudier et du produit que l'on souhaite caractériser, une méthode empirique spécifique et

précise, mettant en œuvre un mode de sollicitation approprié.

les différents modes de sollicitation utilisés

Différents modes de sollicitation (figure 3) peuvent être utilisés :

- Dans le mode pénétration, la section de la sonde est inférieure à celle de l'échantillon. Les sondes de mesures utilisées peuvent avoir diverses formes : aiguille, cône, cylindre de faible diamètre, etc. Le mode pénétration, qui a été expérimenté dans les applications testées au cours de nos travaux, est le mode de sollicitation le plus couramment utilisé.

- Pour le mode compression, la section de la sonde est supérieure à celle de l'échantillon. Si la déformation en compression est poussée jusqu'à la rupture de l'échantillon, il y a écrasement du produit. C'est le mode de mesure utilisé, par exemple, au centre Inra de Montpellier pour évaluer la maturité et l'aptitude à la vinification de baies de raisin.

- Le mode extension consiste à étirer le produit entre deux mâchoires. L'extension est, par exemple, mise en œuvre pour mesurer la résistance à l'arrachement de queues de cerises, caractère de qualité pris en compte lors de la cueillette.

Figure 2
Problèmes posés par la mesure de la texture des fruits.

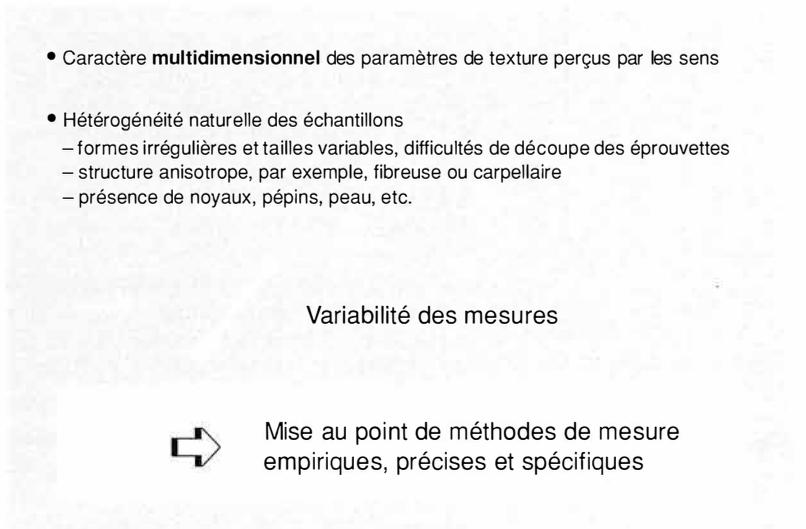
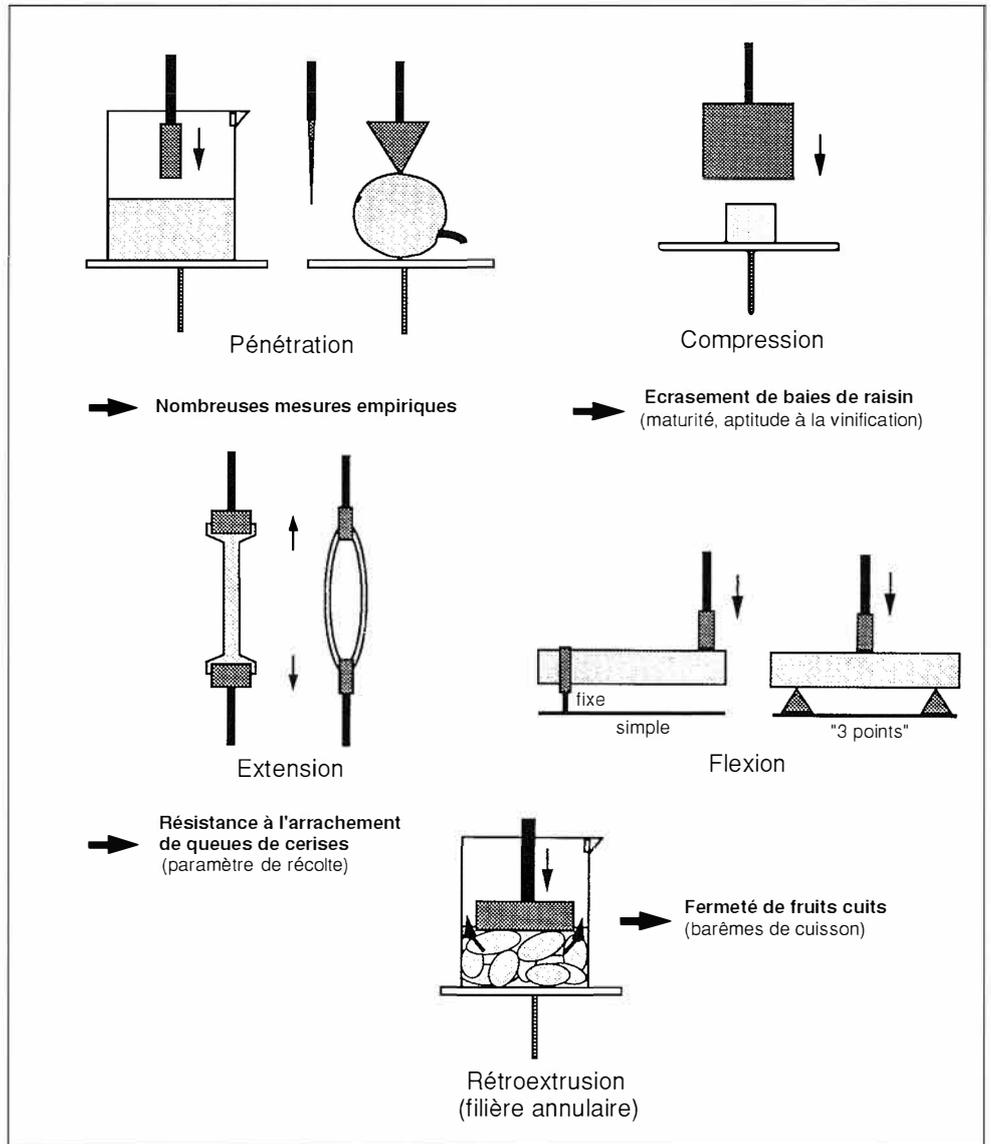


Figure 3
Évaluation de la texture
des fruits : différents modes
de sollicitation et exemples
d'applications.



- Le mode flexion est utilisé pour des échantillons très rigides et cassants ; sur fruits, il n'y a pas d'application connue de ce mode de sollicitation.

- Le mode extrusion, enfin, consiste à forcer l'échantillon à travers une filière. Un cas particulier d'extrusion, appelée rétroextrusion (ou « back extrusion »), se caractérise par le fait que la filière de sortie est annulaire (figure 3). Ce mode de sollicitation a été utilisé, par exemple, pour évaluer la fermeté de fraises cuites, afin d'établir un barème de cuisson adapté à la réalisation de fruits au sirop et de confitures.

mesure de la texture de deux produits à base de fruits

Pour illustrer l'intérêt, mais aussi les problèmes posés par la réalisation des mesures de texture, nous avons étudié la mise en œuvre de ce type d'analyse sur des produits à base de fruits, concernés par des projets de recherche menés par le centre du Cirad à Montpellier.

évaluation de la qualité de chips de banane

Le caractère «croustillant» des chips de banane est un des principaux critères de qualité sensorielle de ce produit. Pour optimiser cette sensation, la résistance à la rupture des chips a été étudiée pour plusieurs variétés de bananes à différents stades de maturité.

Les chips de banane étudiées avaient été obtenues par mise en œuvre d'un procédé de séchage-friture. Les données, recueillies en Guadeloupe en 1994 par CARNISIO (communication personnelle), permettent d'illustrer l'importance du choix des conditions de mesure.

conditions de mesure

Les mesures ont été effectuées à l'aide d'un texturomètre, équipé d'un plongeur cylindrique de 3 mm de diamètre, qui a été appliqué jusqu'à rupture des tissus. Les échantillons soumis à la mesure étaient des rondelles de bananes de 2 mm d'épaisseur avant friture, soit de 1,5 mm environ après friture. Quatre mesures, localisées à quatre emplacements bien déterminés, ont été effectuées pour chacune des rondelles : au centre, au milieu d'un carpelle, entre deux carpelles et sur la tranche de la rondelle (figure 4). Le profil des réponses obtenues pour les mesures effectuées sur la surface de la rondelle a montré que les courbes comportaient un ou parfois deux pics de rupture (figure 5), tandis que les mesures effectuées sur la tranche donnaient lieu à l'observation de nombreux pics de rupture (dix environ).

Les paramètres calculés à partir de la réalisation de ces courbes ont été, par exemple, la force F_{max} correspondant au pic maximal de rupture ou encore la force moyenne F_{moy} estimée à partir de la moyenne de tous les pics de rupture ; ce résultat a pu être complété par la mesure de l'écart type de F_{moy} et le nombre (n) de pics observés sur la courbe.

mesures sur banane Poyo épluchée

Ces divers paramètres ont été évalués pour une banane Poyo épluchée et traitée 8 j après récolte (figure 6). De très grandes dif-

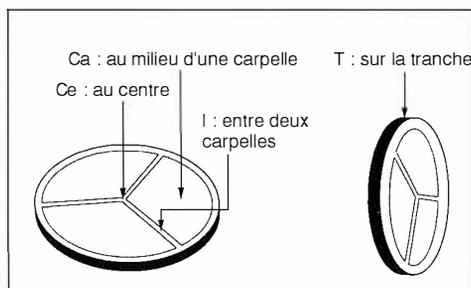


Figure 4
Différentes localisations de la mesure de texture sur chips de banane.

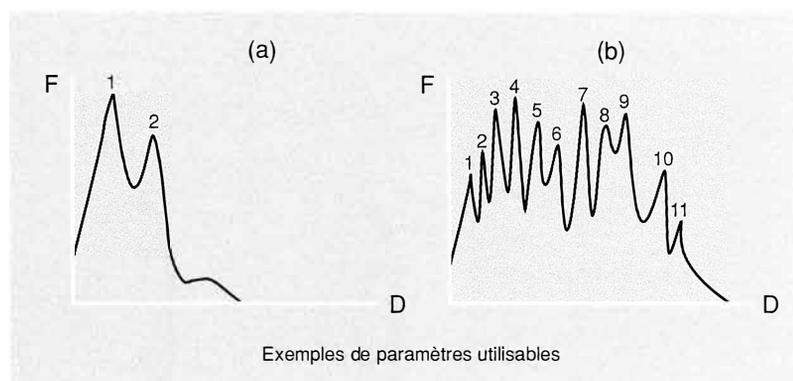


Figure 5

Profils et analyses des courbes force = f (temps) obtenues lors de mesures de texture sur chips de banane.

Paramètres mesurables : F_{max} (forces aux pics de rupture), F_{moy} (moyenne de tous les pics), σ (écart type de F_{moy}), n (nombre de pics).

- a. Mesures effectuées sur la surface plane de la rondelle : au centre de la chips (Ce), entre deux carpelles (I), au centre d'un carpelle (Ca) ;
- b. mesure effectuée sur la tranche de la rondelle (T).

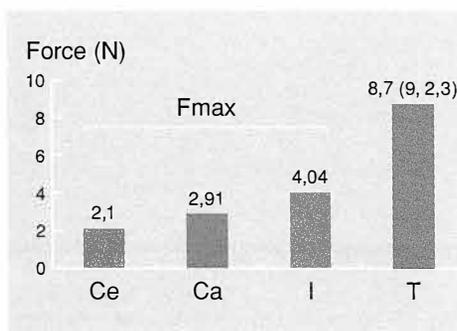


Figure 6

Valeurs de la force maximale à exercer pour la rupture des rondelles de bananes Poyo, 8 j après récolte, selon la localisation de la mesure (Ce : centre de la chips, I : entre deux carpelles, Ca : au centre d'un carpelle, T : sur la tranche de la rondelle).

férences sont apparues entre les mesures effectuées à la surface de la rondelle et celles obtenues sur la tranche dont la résistance à la rupture s'est révélée très supérieure. De façon moins prévisible, une certaine différence, quoique faible, est apparue entre les mesures effectuées à l'un ou l'autre des trois emplacements définis à la surface de la rondelle de banane : en particulier, la mesure réalisée à la limite entre deux carpelles a donné une résistance à la rupture plus importante que celle des deux autres.

Du fait de ces résultats divers, pour obtenir des données comparables d'une analyse à l'autre, il conviendra de définir très précisément les conditions de mesure adoptées, qui devront être déterminées à partir de la structure du matériel étudié.

mesures sur banane Poyo non épluchée

L'épluchage des bananes en milieu industriel étant une étape longue et coûteuse, la qualité de chips de bananes ayant conservé leur peau a été évaluée à partir de la mesure de la texture. Les conditions de mesure ont été identiques à celles décrites précédemment.

- Pour les mesures de texture effectuées à la surface des chips de banane, aucune différence significative entre chips sans peau et chips avec peau n'a pu être mise en évidence.

- Pour les mesures effectuées sur la tranche, la valeur de F_{moy} est apparue nettement plus faible lorsque la peau a été conservée (figure 7) que lorsqu'elle a été éliminée. Ce résultat surprenant peut être attribué à un artefact de mesure, lié au fait que les rondelles de bananes avec peau prennent une forme concave au cours du traitement de séchage-friture. Cette déformation pourrait provenir du fait que la peau, présentant une teneur en eau initiale plus élevée que celle de la pulpe, se rétracte davantage que celle-ci, donnant à l'ensemble de la rondelle cette forme concave qui fragilise les chips.

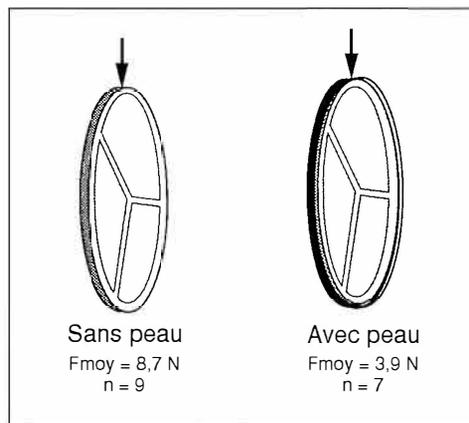


Figure 7
Influence du maintien de la peau autour de la rondelle, sur la résistance à la rupture de chips de banane Poyo, 8 j après récolte.

évolution de la texture en fonction de la maturité

Une étude de l'évolution du paramètre F_{max} mesuré au centre de la chips, en fonction du stade de maturité de la banane au moment de la friture, a montré que la fermeté des chips diminue au fur et à mesure que la banane mûrit (figure 8). Par ailleurs, des mesures au réfractomètre ont révélé que la teneur en sucres simples de la banane augmente au cours de la maturation, au détriment de la teneur en amidon.

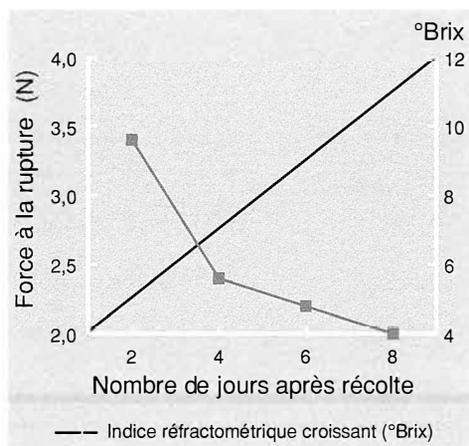


Figure 8
Influence du stade de maturité des bananes sur la résistance à la rupture des chips de banane et sur leur teneur en sucre (indice réfractométrique).

Une étude plus poussée devrait permettre d'établir des corrélations entre la structure de la chips et sa texture, en fonction de sa composition. La formation de complexes amylose-lipides, par exemple, pourrait contribuer à la rigidité de la chips de banane.

la retexturation de la pulpe de fruits de la passion

La retexturation consiste à fabriquer des morceaux à partir d'une pulpe de fruit semi-liquide, en utilisant le phénomène de gélification des alginates en présence de calcium. La rapidité de la prise en gel des fruits retexturés conditionne la faisabilité industrielle du procédé de retexturation (MOUQUET, 1995). Il paraît donc intéressant de pouvoir agir sur ces délais de prise en gel.

le procédé de retexturation

Tout au long des étapes du procédé de retexturation (figure 9), le pH joue un rôle très important. Pour assurer la solubilisation correcte de l'alginate de sodium, le pH initial de la pulpe de fruits de la passion doit être ajusté à une valeur supérieure ou égale à 3,8 par addition de soude. Divers traitements thermiques et homogénéisations permettent d'incorporer, ensuite, le système gélifiant. Dès que le dernier additif est ajouté, la gélification commence. La vitesse de prise en gel dépend alors du pH initial de la pulpe de fruit. Le moulage doit être effectué avant que le gel ne soit formé, afin de ne pas le casser. Pour mieux maîtriser ce point critique du procédé de retexturation, nous avons enregistré la cinétique de prise en gel de la pulpe de fruits de la passion à partir de mesures de texture, c'est-à-dire en suivant l'évolution de la fermeté du gel au cours du temps (figure 10) (MOUQUET, 1997).

influence du pH initial

Sachant que le pH initial des pulpes de fruits était susceptible d'influencer de façon importante la vitesse de prise en gel, nous avons enregistré les cinétiques de gélification de pulpes de fruits de la passion en faisant varier le pH initial ajusté à 3,8, 4,0, 4,2, 4,4 et 4,6 (figure 11). Les courbes obtenues montrent que plus le pH initial de la pulpe est élevé, plus la prise en gel est lente au départ. En fait, la gélification, très rapide à pH = 3,8, est, ensuite, de plus en plus lente au fur et à mesure qu'augmente le pH initial. À partir de pH = 4,4, le début de la prise en gel semble même être différé de quelques minutes, et des temps de latence entre le

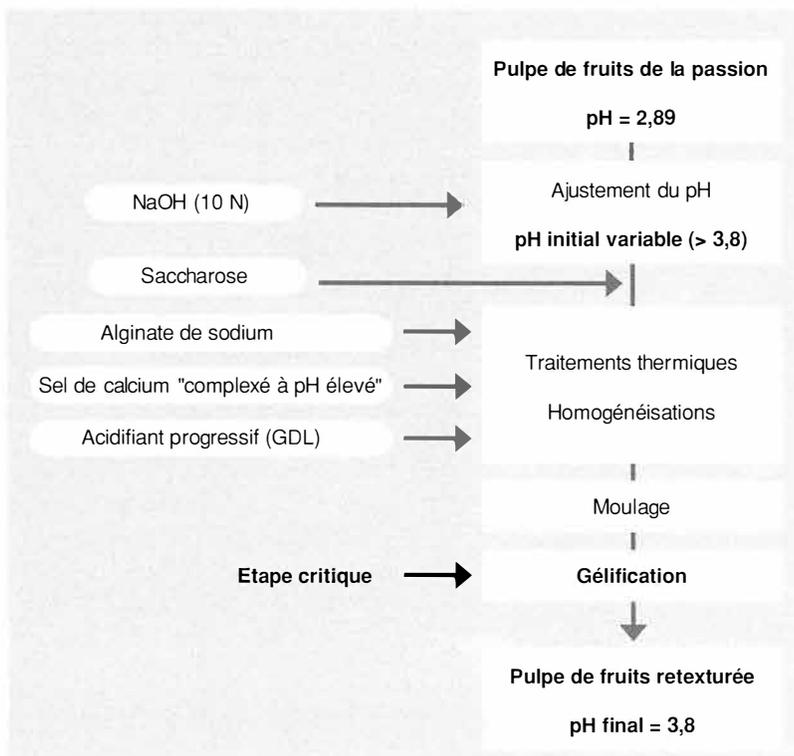


Figure 9
Principales étapes du procédé de retexturation de pulpe de fruits de la passion.

début de l'expérimentation et le démarrage de la gélification apparaissent : 7 min à pH = 4,4 et 8 min à pH = 4,6.

application à la production des fruits retexturés

Sur le plan technologique, cette étude basée sur une mesure instrumentale de texture conduit à un meilleur contrôle du procédé de retexturation. En effet, elle montre comment un simple ajustement du pH initial de la pulpe de fruits permet à l'opérateur d'ajuster le laps de temps avant prise en gel, en fonction des contraintes de fabrication liées à l'homogénéisation correcte de la préparation et au moulage.

conclusion

Les applications de la mesure de la texture effectuée sur des chips de banane ou sur de la pulpe de fruits de la passion en cours de

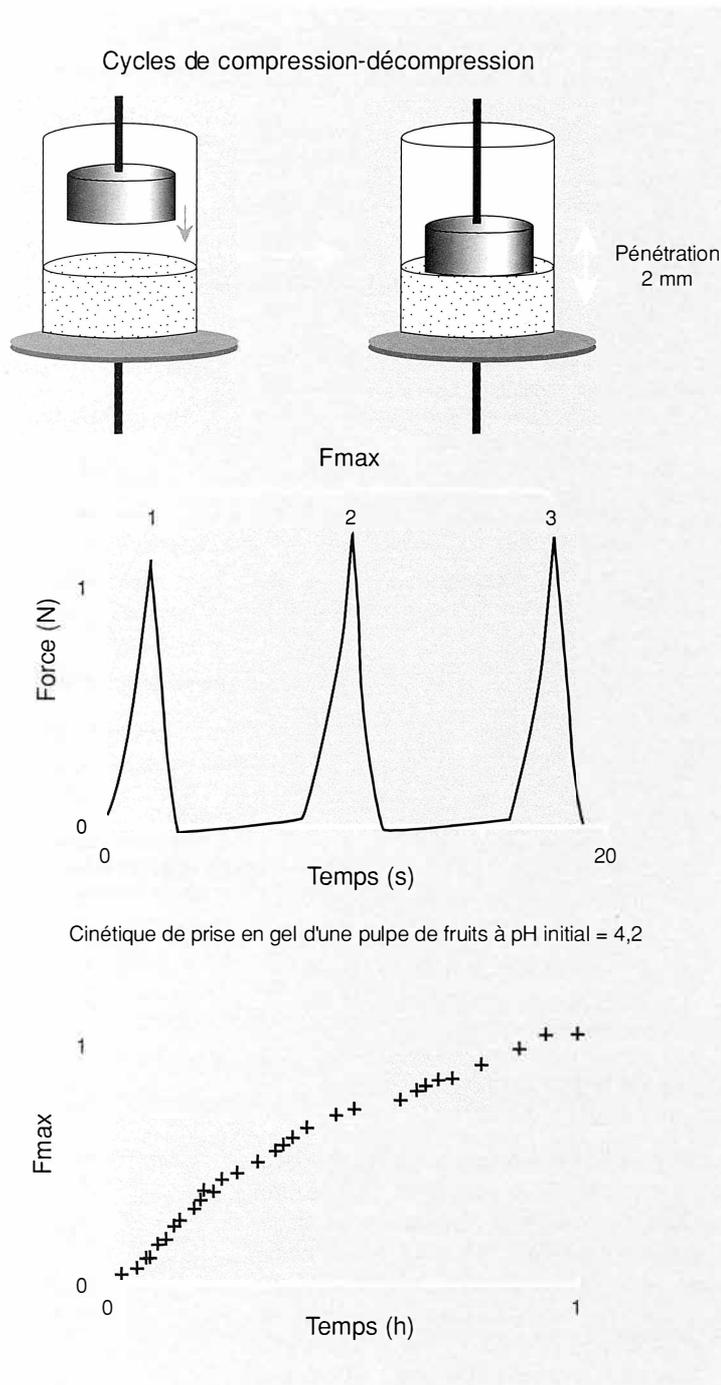


Figure 10
Méthode d'enregistrement des cinétiques de prise en gel de la pulpe de fruits de la passion.

retexturation permettent d'illustrer l'intérêt de l'utilisation de telles méthodes d'analyse instrumentale pour optimiser la qualité de fruits transformés. De nombreux autres projets, en cours de développement au centre de recherche du Cirad, portant sur la transformation des fruits, comportent également des volets d'étude de la texture. Ainsi, une étude vise à évaluer la friabilité de morceaux d'avocats frits pour corréler ce paramètre au rendement en huile de ce produit. Une autre recherche à déterminer l'influence des paramètres de séchage sur la texture de la datte, etc.

Grâce à ces mesures de texture, il serait intéressant d'établir des corrélations entre texture et structure. C'est ce vers quoi se tournent, d'ailleurs, d'une manière générale, de nombreux projets de recherche en technologie alimentaire. Dans le cas des fruits, il s'agirait d'utiliser les mesures de texture pour mieux cerner l'évolution de leur structure au cours de leur maturation ou de leur transformation. Il devrait être alors possible de mieux comprendre le rôle des parois cellulaires des fruits et de leurs constituants principaux tels que les pectines, les celluloses et les héli-celluloses et leurs évolutions aux cours des procédés de transformation utilisés.

références

Bourne MC (1982) *Food texture and viscosity: Concept and measurement*. New York, USA, Academic Press, 325 p

Carnisio G (1994) *Application du procédé de friture-séchage à la production de chips de bananes : comparaison variétale et évaluation du stade de maturité optimale*. Montpellier, France, Cirad-Flhor, Enitiaa, rapport de fin d'études d'ingénieur

Mioche L, Touraille C (1990) Mise au point d'un profil de texture pour l'analyse en bouche de produits alimentaires. *Sciences des Aliments* 10, 697-711

Mouquet C (1995) *Retexturation de pulpe de fruits de la passion à l'aide d'alginate : étude de l'influence des paramètres de formulation sur les propriétés rhéologiques des gels*. Massy, France, Ensia, mémoire de doctorat en sciences alimentaires, 242 p

Mouquet C, Aymard C, Cuvelier G, Guilbert S, Launay B (1997) Influence of initial pH on gelation kinetics of texturized passion fruit pulp. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie* (sous presse)

Scott Blair GW (195) Rheology in food research. *Advances in Food Research* 8, 1-8

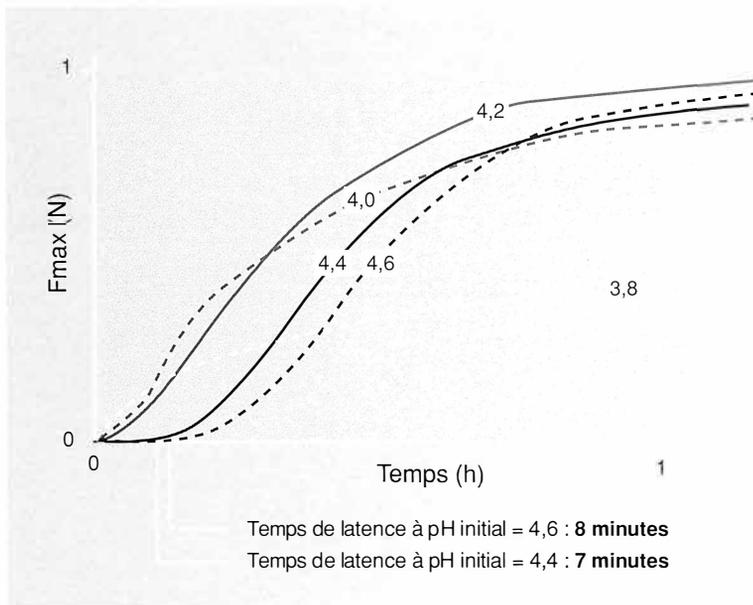


Figure 11
 Cinétiques de prise en gel de la pulpe de fruits de la passion, en fonction du pH initial.