Clarification et concentration des jus de fruits par techniques membranaires (évaporation osmotique, microfiltration tangentielle)

Fabrice Vaillant, Cirad-flhor, fabrice.vaillant@cirad.fr
Manuel Dornier, Cirad-flhor, manuel.dornier@cirad.fr

L'application des technologies membranaires au traitement des jus de fruits tropicaux est abordée au Cirad-flhor selon deux axes principaux :

- la clarification des jus par couplage traitement enzymatique et micro/ ultrafiltration tangentielle ;
- la concentration par évaporation osmotique.

La clarification

Des résultats ont été obtenus non seulement à l'échelle du laboratoire mais aussi à l'échelle pilote industriel, directement au sein des sites de production. Nous avons actuellement sur ces sujets des partenaires aussi bien publics que privés, situés en Amérique latine et, plus particulièrement, en Colombie, en Equateur et au Costa Rica. Concernant les entreprises partenaires, nous citerons Passicol en Colombie où nous avons travaillé sur le fruit de la passion, la mûre de Castille et d'autres fruits tropicaux et Florida Product au Costa Rica où nous développons des applications sur la banane. Notre partenaire équipementier est TIA (Techniques Industrielles Avancées), situé à Bollène dans le sud de la France.

Notre premier axe de recherche est la clarification des jus de fruits par couplage traitement enzymatique et microfiltration tangentielle. Les objectifs de la clarification peuvent être classés en deux catégories principales :

- obtenir des jus de fruits clarifiés sans pulpe (sans solides en suspension). Ces jus pourront être utilisés dans différents produits tels que les jus clarifiés ou les cocktails de jus clarifiés, les liqueurs alcoolisées, les boissons gazeuses, les eaux minérales aromatisées, etc., et pour faciliter des procédés intervenant plus en aval tels que la concentration, la désacidification par électrodialyse, l'extraction de micro-nutriments, etc. ;
- produire des jus stabilisés du point de vue microbiologique sans qu'il soit nécessaire de réaliser postérieurement un traitement thermique de pasteurisation du perméat. Ainsi, on profite du fait que la microfiltration tangentielle permet une filtration sur des membranes capables de retenir les micro-organismes, ce qui est le cas lorsque le diamètre de pore moyen est inférieur à 0,2 micron. Dans le rétentat, on retrouve la pulpe, les fibres et les micro-organismes. Le jus clarifié peut être valorisé tel quel ou mélangé à nouveau au rétentat pulpeux après que celui-ci ait été pasteurisé. On obtient alors dans certains cas un jus de fruit stabilisé de qualité supérieure, avec un arôme très proche du jus frais.

La clarification par microfiltration tangentielle peut s'appliquer à tous les jus de fruits, en théorie, mais les performances de la filtration dépendent principalement de la viscosité, de la teneur en pulpe et des caractéristiques des jus de fruits. Pour l'application aux jus pulpeux, il est le plus souvent nécessaire de réaliser préalablement un traitement enzymatique dans le but d'abaisser la viscosité en hydrolysant les chaînes de pectine soluble, mais également de solubiliser partie des débris de parois cellulaires constituant la pulpe et qui sont libérés dans le jus lors de l'extraction. Le traitement enzymatique consiste à incuber le jus après extraction avec principalement des pectinases et des cellulases et, éventuellement, avec d'autres enzymes selon les caractéristiques de la pulpe.

Les jus enzymés peuvent être plus facilement microfiltrés. Néanmoins, il existe toujours un rendement limite d'extraction en jus clarifié au-delà duquel le flux de filtration chute à des valeurs faibles, peu intéressantes du point de vue économique. Pour les jus pulpeux, ce rendement est assez faible : si l'on s'en tenait à ces valeurs, la microfiltration tangentielle ne pourrait pas s'appliquer de façon rentable aux jus pulpeux, même après traitement enzymatique. Ceci nous a amenés à rechercher une autre stratégie qui consiste à soutirer juste assez de sérum du jus (perméat) pour que le rétentat conserve les mêmes caractéristiques que le jus avant enzymation. Le rétentat peut dans ces conditions être recyclé puis mélangé avec du jus pulpeux sans altérer ces caractéristiques. Par exemple, dans le cas du jus de mangue, lorsqu'on a retiré environ 30 % de jus clarifié, le rétentat possède les mêmes caractéristiques que le jus pulpeux initial. Pour le jus d'ananas, c'est le cas lorsqu'on atteint un rendement de 70 %. Selon cette stratégie, on ne recherche pas le rendement maximum, mais plutôt celui qui permet le recyclage du rétentat en continu.

Au niveau des flux de procédé au sein d'une usine classique, la microfiltration tangentielle peut se situer comme une ligne de production parallèle à la ligne classique d'où l'on prélève du jus pulpeux qui subit donc le traitement enzymatique puis la microfiltration tangentielle. Lorsqu'on atteint le rendement désiré, le rétentat est recyclé en continu. Cette stratégie permet de produire, à partir des jus pulpeux, des jus microfiltrés à un prix très concurrentiel puisque aucun déchet ni sous produit de moindre valeur ne sont générés.

La concentration

Le jus peut être concentré. Dans l'optique de préserver le potentiel nutritionnel et aromatique des jus, nous recherchons de nouveaux procédés de concentration à basses températures et axons actuellement nos recherches sur l'évaporation osmotique.

Le principe de l'évaporation osmotique consiste à intercaler une membrane poreuse et hydrophobe entre deux solutions de concentrations différentes : le jus et la saumure à saturation. Le matériau de la membrane et le diamètre de pore sont choisis de façon à empêcher la

pénétration des liquides dans les pores qui restent remplis d'air. L'écart de concentration entre les deux compartiments liquides implique une différence d'activité de l'eau qui entraîne aux interfaces liquide-air une différence de pression partielle de part et d'autre de la membrane. Celle-ci se traduit par un transfert de l'eau sous forme de vapeur, depuis la solution à concentrer vers le compartiment saumure. Le flux évaporatoire est proportionnel à la différence de pression partielle aux interfaces et l'objectif consiste donc à maintenir la saumure à saturation en éliminant l'eau au fur et à mesure que celle-ci s'évapore du jus. L'application est simple à mettre en œuvre puisqu'il s'agit seulement d'installer deux circuits en parallèle avec un module contenant une membrane servant d'interface entre eux, où est mis en recirculation constante le jus à concentrer et la saumure qui est régénérée constamment pour que celle entrante soit effectivement à saturation.

Lors d'essais pilote industriel, on peut obtenir des flux évaporatoires pratiquement constants et arriver à des taux de concentration très élevés, bien supérieurs à 60°brix. Les flux évaporatoires moyens à l'échelle pilote sont encore relativement faibles (0,6 kg/h.m²), mais ces résultats sont en cours d'amélioration puisqu'au niveau du laboratoire, sur de petites unités, on atteint sans difficultés des flux de l'ordre de 10 kg/h.m². Du point de vue de la qualité organoleptique et nutritionnelle, on obtient d'excellents résultats. Les notes fraîches de l'arôme et la vitamine C sont totalement conservées.

Ces recherches ont permis de développer des produits nouveaux et de diversifier l'offre d'agro-industries de transformation des jus de fruits tropicaux dans des pays en voie de développement ■

Application d'un nouveau procédé d'extraction (jus, pulpe, huile essentielle) : la Flash-Détente

Pierre Brat, Cirad-flhor, pierre.brat@cirad.fr

Description du procédé

1ère étape :
L'étuvage du matériel végétal à 85-90°C. Cette mise en température du matériel végétal est assurée par l'utilisation d'une vis à injection de vapeur. Cette étape de blanchiment, nécessaire à la mise en œuvre du procédé, permet en outre d'inhiber l'activité enzymatique endogène (par exemple : polyphenoloxydase, pectine-methylesterase) et de détruire la flore bactérienne.

2ème étape :
La détente avec l'introduction brutale sous vide (environ 30 mBar) du matériel végétal précédemment étuvé (fruits, légumes, plantes, etc.). La température d'ébullition de l'eau dans ces conditions de vide se situe entre 27 et 30°C. Cette mise sous vide instantanée provoque donc l'évaporation brutale d'une partie de l'eau de constitution du matériel végétal étuvé (environ 10 % de la masse humide initiale) et une chute brutale de la température du milieu. Cette perte d'eau instantanée engendre un broyage fin dû à la création de micro-canaux intercellulaires. Ce bouleversement et cette explosion cellulaire confèrent aux produits des qualités physico-chimiques, rhéologiques et organoleptiques bien particulières. Les eaux d'évaporation sont récupérées séparément par condensation : ces eaux, particulièrement riches en composés volatils aromatiques, sont appelées **eaux aromatiques** et pourront être réintroduites dans les produits après Flash-Détente.

Les produits

La Flash-Détente est un procédé multi-usages, multi-effets. Les produits obtenus seront donc traités en deux thèmes : les jus et les purées, puis la récupération des huiles essentielles.

Les jus et les purées

Ce procédé s'inscrit donc en amont de l'étape de raffinage indispensable pour l'obtention de purées homogènes et en aval des étapes de parage (feuilles et queues retirées) et de lavage des fruits. Deux applications de type purée sont présentées :

Purée de fruit de la passion

A partir d'une présentation morphologique d'une coupe de fruit de la passion pourpre, trois zones principales peuvent être présentées :

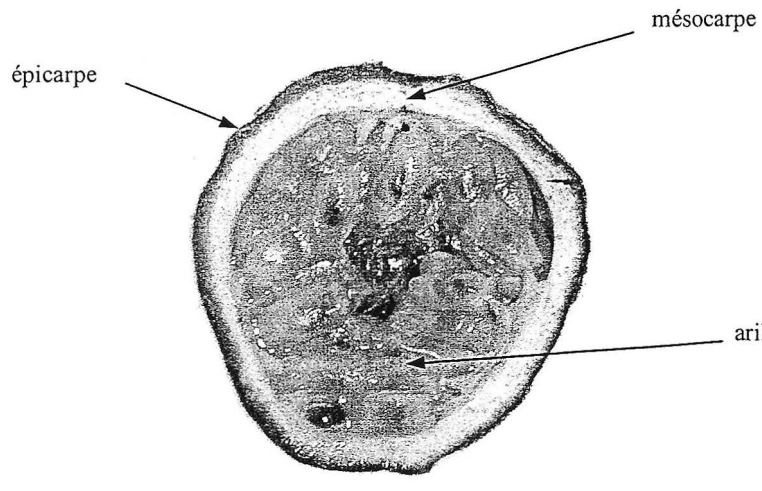

Photo 1 : coupe longitudinale d'un fruit de la passion pourpre (*Passiflora edulis* Sims)