

Composés des fruits d'intérêt nutritionnel: impact des procédés de transformation sur les polyphénols

Emira MEHINAGIC, Erwan BOURLES et Frédérique JOURJON, Ecole supérieure d'agriculture d'Angers

Renseignements: Emira Mehinagic, e-mail: e.mehinagic@groupe-esa.com



La transformation de pommes en jus modifie la teneur et la composition en polyphénols.

Introduction

La consommation de fruits et de légumes constitue un enjeu de santé publique, mais aussi un enjeu économique pour les producteurs et les transformateurs. Depuis le début des années nonante, la consommation de fruits frais stagne en France et Europe, alors que celle des fruits transformés ne cesse de se développer (FAOSTAT 2007).

Cette évolution témoigne des changements intervenus dans les modes de consommation: diminution du temps accordé à la préparation du repas, augmentation du nombre de repas pris hors du domicile, recherche de praticité, avec de fortes attentes en termes de qualité gustative et nutritionnelle.

L'intérêt nutritionnel des fruits est aujourd'hui reconnu. Les travaux portant sur les impacts des différents procédés de transformation sur leur qualité nutritionnelle et notamment sur leur composition en antioxydants naturels tels que la vitamine C, les caroténoïdes ou les polyphénols sont encore peu nombreux.

Les polyphénols sont les antioxydants naturels les plus abondants dans notre alimentation. Selon certaines estimations, nous en consommons l'équivalent d'un gramme par jour, soit dix fois plus que la vitamine C et cent fois plus que les caroténoïdes ou la vitamine E (Scalbert et Williamson 2000). Ces composés ont toujours suscité l'intérêt des viticulteurs et arboriculteurs puisque leurs teneurs et leur composition précise influencent la qualité organoleptique (couleur, astringence, amertume) des fruits transformés en jus, vin, cidre, etc. De plus, les polyphénols intéressent de plus en plus les chercheurs car plusieurs études ont montré leur implication probable dans la prévention de diverses pathologies associées au stress oxydatif, telles que le cancer, les maladies neurodégénératives ou encore les maladies cardiovasculaires (Robards et Antolovich 1997; Yao *et al.* 2004; Manach *et al.* 2006).

Les questions qui se posent à ce jour sont les suivantes:

- Quelle est la composition des fruits en polyphénols et quelles sont les sources de variation de celle-ci?
- Quel est l'impact de la transformation des fruits sur leur teneur et leur composition en polyphénols?

L'objectif de cet article est de présenter les récentes recherches en lien avec ces questions et d'apporter les premiers éléments de réponse.

Polyphénols

Les composés phénoliques (8000 molécules connues) sont une des principales classes de métabolites secondaires des plantes. Leurs structures et fonctions sont très diverses. Ils possèdent, au minimum, un cycle aromatique portant un à plusieurs groupes hydroxyles (fig.1). Les acides phénoliques (acide gallique; fig.1) représentent les formes les plus simples et les tanins, les formes les plus polymérisées de plus de 30000 Dalton. Les principaux polyphénols présents dans les fruits sont les acides-phénols (dérivés de l'acide benzoïque ou cinnamique), les stilbénoides et les flavonoïdes, dont les tanins condensés (tabl.1).

Ces métabolites secondaires ont un rôle antioxydant protecteur pour les végétaux contre les agressions de l'environnement (température, lumière) ou de pathogènes. Ils assurent d'ailleurs aussi ce rôle dans le corps humain. De ce fait, la détermination précise des teneurs en polyphénols des aliments suscite un intérêt croissant de la communauté scientifique mais aussi des professionnels de la santé et des partenaires économiques. Pour répondre à cette attente, une équipe de cher-

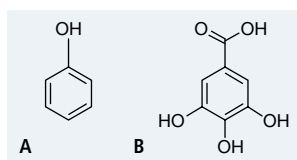
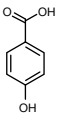
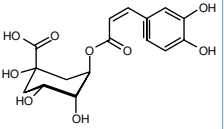
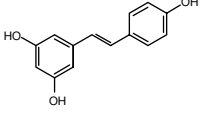
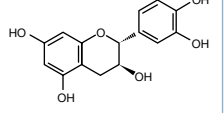


Figure 1 | Structure d'un phénol: le plus simple des composés phénoliques (A) et l'acide gallique (l'un des acides phénoliques présents dans le raisin) (B).

Tableau 1 | Principales familles de composés phénoliques présents dans les fruits

Famille	Exemple	Formule	Fruits - source
Acides hydroxy-benzoïques	Acide parahydroxy-benzoïque		Fraises
Acides hydroxy-cinnamiques	Acide cis-5-O-caféylquinique (acide chlorogénique)		Pruneaux, pommes
Stilbénoides	Trans-resvératrol		Raisin
Flavonoïdes	(+)-catéchine		Raisin

Résumé Les polyphénols sont les antioxydants naturels les plus abondants dans notre alimentation. Ils sont principalement apportés par les fruits et légumes, le thé, le café et le vin. Leur teneur et leur composition dans les fruits sont influencées par de nombreux facteurs internes et externes (génétiques, conditions pédo-climatiques, physiologie du fruit, itinéraires techniques, transformations). Cet article aborde ces sources de variabilité en mettant l'accent sur les procédés de transformation, dont l'impact est encore peu connu.

cheurs français (UMR 1019 INRA/Université d'Auvergne) avec ses partenaires scientifiques a examiné plus de 60000 données originales sur les teneurs en 500 polyphénols dans 450 aliments couramment consommés par l'homme, à partir de plusieurs centaines de publications scientifiques. Ces données ont été compilées dans une base sélectionnée pour produire la première table de composition alimentaire complète pour les polyphénols: Phenol-Explorer est accessible gratuitement sur internet à l'adresse <http://www.phenol-explorer.eu/>.

Sources de variabilité dans les fruits

Globalement, le potentiel phénolique des fruits dépend de nombreux facteurs externes (conditions climatiques, itinéraires techniques, origines) et internes (état physiologique du fruit, position de celui-ci sur l'arbre, génotype).

Gorinstein *et al.* (2002) montrent que les teneurs en phénols totaux sont systématiquement plus élevées dans la peau que dans la chair des pommes, poires et pêches (tabl.2). De même, la teneur en polyphénols

Tableau 2 | Teneur en polyphénols totaux de différentes espèces de fruits

	Pomme (g/kg FW)	Poire (g/kg FW)	Pêche (g/kg FW)
Chair	6,9	2,1	2,4
Peau	11,1	4,5	4,7

FW: fruits frais.

(Kermerrien, Avrolles...) est bien plus élevée dans les pommes à cidre que dans les pommes de table: la chair des pommes à cidre contient en effet environ 3–4 g de polyphénols par kg de poids frais (Guyot *et al.* 2002) contre 0,4–0,5 g pour les pommes de table (Tsao *et al.* 2003). Les variations ne s'arrêtent pas aux frontières des génotypes. Ainsi, au cours du développement des fruits, la teneur en polyphénols évolue: la plupart des auteurs indiquent que ces composés sont généralement plus abondants dans les stades précoces. La teneur en polyphénols a tendance à diminuer avec la maturation chez l'abricot (Dragovic-Uzelac *et al.* 2007). Renard *et al.* (2007) notent chez la pomme que la concentration en flavonoïdes décroît fortement au cours du développement du fruit, parallèlement à des modifications du degré de polymérisation des procyanidines. Ces tendances diffèrent si les teneurs sont calculées par fruit. Dans les pommes, la teneur en composés phénoliques de la peau (toutes classes) croît lors du développement en même temps que la surface du fruit (Awad *et al.* 2001). Le maximum est atteint au début de la maturation puis les teneurs se stabilisent, sauf pour les anthocyanes (Awad *et al.* 2001).

Enfin, certains facteurs externes, comme les pratiques culturales ou le stockage, peuvent également modifier la composition phénolique des fruits et donc leur potentiel antioxydant. Ainsi, quelques rares études montrent que des plantes issues de l'agriculture biologique (AB), et donc soumises aux agressions sans protection phytosanitaire, synthétisent, pour se défendre, davantage de polyphénols. Asami *et al.* (2003) montrent ainsi que les fraises, baies et maïs cultivés en AB sont plus riches en polyphénols que les mêmes variétés cultivées en mode conventionnel.

Ces facteurs génèrent une très forte variabilité dans les lots de fruits frais, qui se transcrit plus ou moins dans les fruits transformés suivant le type de transformation subi.

Impacts des transformations sur les composés phénoliques des fruits

En fonction des procédés étudiés, les étapes susceptibles d'entraîner des modifications dans la composition et la teneur en polyphénols sont celles où le produit est déstructuré. La découpe et le broyage (étape commune à de nombreux procédés de transformation), le pressurage (uniquement jus de fruit) ou les traitements thermiques peuvent avoir des impacts significatifs sur la quantité et la qualité des composés phénoliques présents dans le produit fini.

Dans des conditions physiologiques normales, les composés phénoliques et les enzymes qui participent à leur dégradation sont compartimentés dans les cellules du fruit. Lors des opérations de découpe ou de broyage, l'intégrité cellulaire est altérée. Les composés phénoliques solubles, généralement accumulés au sein des vacuoles, se retrouvent en contact avec les enzymes responsables du brunissement initialement présentes dans les parois cellulaires et le cytoplasme (Marquès *et al.* 2003). En présence d'oxygène, il peut y avoir consommation des composés phénoliques par les polyphénoloxydases et peroxydases, aboutissant à la formation de pigments bruns et donc à une diminution de la concentration des polyphénols. Ce phénomène peut aussi apparaître lors des opérations de décongélation, en raison des perturbations des structures cellulaires induites par la formation de cristaux de glace de grande taille dans les cellules lors d'une congélation lente. Murata *et al.* (1995) ont observé des pertes de l'ordre de 40 à 60 % entre des jus de pommes Fuji frais et oxydés. Guyot *et al.* (2002) ont confirmé ces résultats en étudiant l'oxydation de jus de diverses variétés de pommes à cidre.

Lors du pressurage, une partie importante des composés phénoliques est adsorbée par les structures pariétales de la pomme. La majorité des polyphénols constitutifs du fruit se retrouvent dans le marc et seul l'acide chlorogénique demeure en forte concentration dans les jus (Van der Sluis 2002). La macération des fruits permet en revanche d'optimiser l'extraction de ces composés (par exemple dans le vin).

Concernant l'impact de traitements thermiques sur la teneur et la composition en polyphénols de fruits, les données sont actuellement rares et parfois contradictoires. Amakura *et al.* (2000) ont étudié en laboratoire l'impact de la transformation de baies rouges en confiture. Pour tous les types de baies, une faible augmentation de la teneur en polyphénols a été observée. Selon ces auteurs, cet accroissement serait dû à une libération des composés phénoliques initialement associés aux parois des cellules, induite par le chauffage et donc liée à la dégradation de ces parois. Dans la cuisson des poires à l'eau, Renard (2005) observe une perte limitée en procyanidines, associée à une libération importante des acides hydroxycinnamiques dans l'eau de cuisson. Chaovanalikit et Wrolstad (2004), ainsi que Rickman *et al.* (2007), montrent également que la stérilisation de cerises et pêches en conserve entraîne le transfert des polyphénols des fruits vers le jus de cuisson et justifient ce phénomène par les mêmes hypothèses qu'Amakura *et al.* (2000).

Plus récemment, Colin-Henrion (2008) a étudié l'impact de la transformation des pommes en compote, étape par étape. Ainsi, lors de la cuisson des fruits à 85 °C durant 15 min, une augmentation moyenne de 50 % de la teneur en polyphénols est observée. Selon la famille de composés étudiés, la concentration des flavonols est multipliée par 1,2, celle des acides hydroxycinnamiques par 1,7, celle des dihydrochalcones par 2 et celle des catéchines par 3. L'auteur émet l'hypothèse que la cuisson permettrait de faciliter l'extraction des composés. La pasteurisation (90 °C durant 5 min) de ce produit précuit entraîne ensuite une réduction de 4,2 % des composés phénoliques.

Klopotek *et al.* (2005) montrent que, lors de la transformation des fraises en jus, la pasteurisation à 85 °C pendant 5 min entraîne une perte de 30 % des polyphénols. Dans la fabrication du jus d'orange, Gil-Izquierdo *et al.* (2002) révèlent qu'à l'échelle industrielle, le type de pasteurisation (douce: 75 °C pendant 30 sec, dure: 95 °C pendant 30 sec) et la concentration du produit ne modifient pas la teneur en polyphénols. Van der Sluis *et al.* (2005) étudient l'effet d'un stockage de quatre jours à 80 °C sur la stabilité des polyphénols de jus de pomme et relèvent des comportements différents selon la famille de composés: les plus sensibles à la température sont les flavonoïdes (75 % de perte moyenne selon le type de molécule), tandis que la phloridzine et l'acide chlorogénique sont plus stables (perte d'environ 15 %). Les auteurs attribuent les pertes en flavonoïdes à des mécanismes d'hydrolyse acide.

Pour conclure, de nombreuses modifications dans la teneur et la composition polyphénolique des fruits sont susceptibles d'apparaître au cours des différentes étapes de transformation. Etudier les effets de ces procédés à l'échelle industrielle, en analysant l'impact de chaque opération sur ces composés, reste une opération cruciale pour les industriels qui souhaitent préserver la qualité nutritionnelle de ces produits.

Conclusions

- Les procédés de transformation ont des effets très variables sur le potentiel phénolique de fruits. Celui-ci peut être significativement réduit lors du broyage ou du pressurage des fruits pour le jus, comme lors de la pasteurisation ou de la stérilisation. Ce potentiel peut aussi être amélioré par la macération ou en réduisant les modalités du traitement thermique appliqué. Les questions qui se posent sont les suivantes:
 - A l'échelle industrielle, la variabilité initiale du matériel végétal se maintient-elle dans les produits finis?
 - Quels sont les impacts des nouveaux procédés de transformation (chauffage ohmique, encapsulation, chauffage par cuisson à haute pression, etc.) sur le potentiel antioxydant des polyphénols présents dans les fruits?
 - Quels sont les impacts de ces composés sur le corps humain une fois ingérés? L'activité antioxydante est-elle maintenue? ■

Bibliographie

- Amakura Y., Umino Y., Tsuji S. & Tonogai Y., 2000. Influence of jam processing on the radical scavenging activity and phenolic content in berries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **48**, 6292–6297.
- Asami D. K., Hong Y. J., Barrett D. M. & Mitchell A. E., 2003. Comparison of the total phenolic and ascorbic acid content of freeze-dried and air-dried marionberry, strawberry and corn grown using conventional, organic and sustainable agricultural practices. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **51**, 1237–41.
- Awad M. A., De Jager A., Van der Plas L. H. W. & Van der Krol A. R., 2001. Flavonoid and chlorogenic acid changes in skin of «Elstar» and «Jonagold» apples during development and ripening. *Scientia Horticulturae* **90**, 69–83.
- Chaovanalikit A. & Wrolstad R. E., 2004. Total Anthocyanins and Total Phenolics of Fresh and Processed Cherries and Their Antioxidant Properties. *Journal of Food Science* **69** (1), FCT67–FCT72.
- Colin-Henrion M., 2008. De la pomme à la pomme transformée: Impact du procédé sur deux composés d'intérêt nutritionnel – Caractérisation physique et sensorielle des produits transformés. Thèse de doctorat Université d'Angers, 000 p.
- Dragovic-Uzelac V., Levaj B., Mrkic V., Bursac D. & Boras M., 2007. The content of polyphenols and carotenoids in three apricot cultivars depending on stage of maturity and geographical region. *Food Chemistry* **102** (3), 966–975.
- FAOSTAT 2007 sur <http://faostat.fao.org>
- Gorinstein S., Martin-Belloso O., Lojek A., Ciz M., Soliva-Fortuny R., Park Y., Caspi A., Libman I. & Trakhtenberg S., 2002. Comparative content of some phytochemicals in Spanish apples, peaches and pears. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **82** (10), 1166–1170.
- Guyot S., Marnet N., Sanoner P. & Drilleau J.-F., 2002. Variability of the polyphenolic composition of cider apple (*Malus domestica*) fruits and juices. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **51**, 6240–6247. ➤

Summary

Nutritional quality of fruits: impact of processing on phenolic compounds

Polyphenols are the most abundant natural antioxidants in our diet. They are mainly provided by fruits and vegetables, tea, coffee and wine. Fruit content and composition in polyphenols may vary depending on different internal and external factors (genetic, soil and climate, fruit physiology, crop management, transformations). This paper aims to present these sources of variability by focusing on transformation impacts.

Key words: polyphenols, fruit, process, transformation, nutritional quality.

Zusammenfassung

Nährwert von Obst: Einfluss von Verarbeitungsverfahren auf Polyphenole Inhalt

Polyphenole sind die am häufigsten vorkommende natürliche Antioxidantien in der Nahrung. Sie werden hauptsächlich durch Obst und Gemüse, Tee, Kaffee und Wein vorgesehen. Inhalt und Zusammensetzung in den Früchten können durch vielen internen und externen Faktoren (Genetik, Boden- und Klimabedingungen, Physiologie der Frucht, Bestandsführung, Verarbeitung) beeinflusst werden. Dieses Papier zielt darauf ab, diese Quellen der Variabilität mit einem Fokus auf Veränderungsprozesse zu präsentieren.

Riassunto

Composti d'interesse nutrizionale dei frutti: impatto dei procedimenti di trasformazione sui polifenoli

I polifenoli sono gli antiossidanti naturali più abbondanti nella nostra alimentazione. Essi sono principalmente forniti da frutta e verdura, tè, caffè e vino. Il loro tenore e composizione nei frutti sono influenzati da numerosi fattori interni ed esterni (genetici, condizioni pedoclimatiche, fisiologia del frutto, gestione delle colture, trasformazioni). Il presente lavoro affronta le fonti di variabilità, ponendo l'accento sui procedimenti di trasformazione, il cui impatto è ancora poco conosciuto.

- Manach C., Scalbert A., Remesy C. & Morand C., 2006. Consommation et disponibilité des polyphénols. *In: Les polyphénols en agroalimentaire*. P. Sarni-Manchado and V. Cheynier (eds). Paris, Lavoisier, 361–380.
- Marquès L., Fleuriet A. & Macheix J.-J., 2003. Brunissement enzymatique. Importance des polyphénols, des polyphénoloxydases et des peroxydases. *In: Les polyphénols en agroalimentaire*. P. Sarni-Manchado and V. Cheynier (eds). Paris, Lavoisier, 135–172.
- Murata M., Tsurutani M., Tomita M., Homma S. & Kaneko K., 1995. Relationship between apple ripening and browning: changes in polyphenol content and polyphenol oxidase. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **43** (5), 1115–1121.
- Renard C. M. G. C., 2005. Effects of conventional boiling on the polyphenols and cell walls of pears. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **85**, 310–318.
- Renard C., Dupont N. & Guillermin P., 2007. Concentrations and characteristics of procyanidins and other phenolics in apples during fruit growth. *Phytochemistry* **68** (8), 1128–1138.
- Rickman J. C., Barrett D. M. & Bruhn C. M., 2007. Nutritional comparison of fresh, frozen and canned fruits and vegetables. Part 1. Vitamins C and B and phenolic compounds. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **87** (6), 930–944.
- Robards K. & Antolovich M., 1997. Analytical Chemistry of Fruit Bioflavonoids A Review. *Analyst* **122**, 11–34.
- Sampson L., Rimm E., Hollman P. C., de Vries J. H. & Katan M. B., 2002. Flavonol and flavone intakes in US health professionals. *Journal of the American Diet Association* **102**, 1414–20.
- Scalbert A. & Williamson G., 2000. Dietary intake and bioavailability of polyphenols. *Journal of Nutrition* **130**, 2073S–2085S.
- Tsao R., Yang R., Young J. C. & Zhu H., 2003. Polyphenolic profiles in eight apple cultivars using high-performance chromatography (HPLC). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **51**, 6347–6353.
- Van der Sluis A. A., Dekker M., Skrede G. & Jongen W. M. F., 2002. Activity and concentration of polyphenolic antioxidants in apple juice. 1. Effect of existing production methods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **50**, 7211–7219.
- Van der Sluis A. A., Dekker M. & Van Boekel M. A. J. S., 2005. Activity and concentration of polyphenolic antioxidants in apple juice. 3. Stability during storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **53**, 1073–1080.
- Yao L. H., Jiang Y. M., Shi J., Tomàs-Barberàs F. A., Datta N., Singanusong R. & Chen S. S., 2004. Flavonoids in Food and Their Health Benefits. *Plant Foods for Human Nutrition (Formerly Qualitas Plantarum)* **59** (3), 113–122.