

Fructose et fructose de fruits : des intérêts et bénéfices nutritionnels reconnus

Aurélie David

Résumé

Parmi les monosaccharides les plus abondants dans la nature, le fructose est le plus sucrant des glucides et possède un métabolisme différent du glucose. Alors qu'il est principalement extrait de céréales ou de betteraves par des procédés d'hydrolyse, Nutritis a mis au point une méthode d'extraction des sucres contenus dans les fruits et analysé les effets à court et long terme de ces sucres sur le métabolisme glucidique de souris. L'Inserm a démontré que le fructose de pommes (FructiLight) possédait un index glycémique très faible et qu'il favorisait l'amélioration de la tolérance au glucose par rapport au traitement témoin. Ceci indique que ces sucres de fruits, et plus précisément le fructose natif de pommes, pourraient être une voie prometteuse de remplacement d'autres glucides comme l'a notifié l'EFSA dans son avis de juin 2011 (ID558).

Mots clés : fructose natif, glucides, métabolisme, index glycémique, tolérance au glucose, allégation, EFSA.

Abstract

Fructose is one of the most abundant monosaccharide in nature, also the sweetest carbohydrate and has a metabolism different of glucose. Until recently, the fructose was

extracted from cereals or beets by hydrolysis. Nutritis has developed a method to extract the sugars contained in fruits and tested the acute and long term effect of these sugars on the carbohydrate metabolism of mice. Inserm has shown that fructose from apples (FructiLight) had a very low glycaemic index and enhances glucose tolerance compared to glucose treatment. All these results indicate that fruit-extracted sugars and more precisely native fructose could be a promising way to replace other carbohydrates as notified by EFSA in its scientific opinion of June 2011 (ID558).

Key words: native fructose, carbohydrates, metabolism, glycaemic index, glucose tolerance, claim, EFSA.

1. Un récent avis de l'EFSA favorable au fructose

Le fructose peut utilement remplacer le glucose et le saccharose dans les préparations et boissons alimentaires dans le cadre d'une réduction de la réponse glycémique post-prandriale : telle est en substance la conclusion d'un avis scientifique publié par l'EFSA le 30 juin dernier. Cet avis, rendu sur la base d'une méta-analyse des données sur le sujet et qui fait suite à une demande de la

Commission européenne, permet d'établir une justification scientifique des allégations santé relatives au fructose, en lien avec le métabolisme des carbohydrates et la sensibilité à l'insuline, chez les patients atteints de diabète de type 2 et dans la population saine. En estimant qu'une relation de cause à effet existe entre l'absorption de fructose et la réduction de la réponse glycémique post-prandiale et en proposant de substituer celui-ci aux traditionnels glucose et saccharose, l'Autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA) ouvre la voie pour valoriser et développer l'utilisation d'un sucre encore peu connu et aux propriétés nutritionnelles intéressantes.

2. Sucres et fructose

Les glucides sont des composants essentiels de l'alimentation humaine et des ingrédients majeurs de l'industrie agro-alimentaire. Ils regroupent les monosaccharides tels que le glucose, le fructose, le galactose ; les disaccharides comme le saccharose, le lactose ; des sucres alcools comme le sorbitol et des polysaccharides (polymères d'oses) comme les fructooligosaccharides, l'inuline, l'amidon, la cellulose, etc.

On les retrouve dans les légumes, les céréales, les légumineuses, les grains, le lait, les fruits ou le miel, mais ce sont la canne à sucre puis la betterave sucrière qui sont les sources majeures d'extraction de sucre de table (saccharose). Le fructose est quant à lui principalement obtenu par hydrolyse du saccharose (betterave essentiellement), par hydrolyse d'amidon de céréales donnant des sirops de glucose-fructose appelés HFCS (*high fructose corn syrup*), par isomérisation du glucose de céréales ou très récemment par extraction des fruits tels que la pomme, comme le fait la société Nutritis. Les glucides ont des propriétés chimiques, physiques et physiologiques spécifiques et sont utilisés dans l'industrie agro-alimentaire pour leur pouvoir sucrant mais aussi pour leurs propriétés texturantes, conser-

vatrices et technologiques. Si ces sucres de fruits présentent des propriétés sensorielles et technologiques adaptées aux différentes formulations et applications souhaitées (préparations 100 % issus de fruits, sorbets, produits laitiers, eaux aromatisées, biscuiterie, etc.), le fructose a également un pouvoir sucrant beaucoup plus élevé que les autres sucres (1,2 à 1,7 en fonction des matrices dans lesquelles il s'intègre et des températures de consommation du produit fini, 1 pour le saccharose et 0,6 pour le glucose). Ainsi, tout en répondant à une demande de naturalité de la part du consommateur et en satisfaisant les contraintes techniques de fabrication, le fructose permet de diminuer la part calorique du produit fini pour une saveur sucrée équivalente (figure 1).

Dans les pays développés, les glucides représentent chez l'homme de 45 à 70 % de l'énergie apportée par l'alimentation [1]. Leur rôle est donc majeur en tant que substrat du métabolisme énergétique basal pour les tissus gluco-dépendants et substrat préférentiel pour les autres, mais aussi dans différents processus physiologiques tels que la satiété, la glycémie, l'insulinémie, le métabolisme lipidique.

3. Métabolisme du fructose

Éléments essentiels et nécessaires, les glucides vont subir, au cours d'un processus de digestion particulièrement complexe chez l'homme, une série de dégradations à l'instar de l'ensemble du bol alimentaire : mastication, transformation en molécules assimilables ou non, puis en nutriments au niveau de l'estomac et de l'intestin grêle sous l'action des enzymes digestives. Catabolisés, les nutriments sont absorbés à travers la barrière intestinale et vont ensuite subir les transformations moléculaires et énergétiques du métabolisme et pouvoir ainsi remplir leur fonction d'alimentation de l'organisme.

L'absorption des glucides simples (glu-

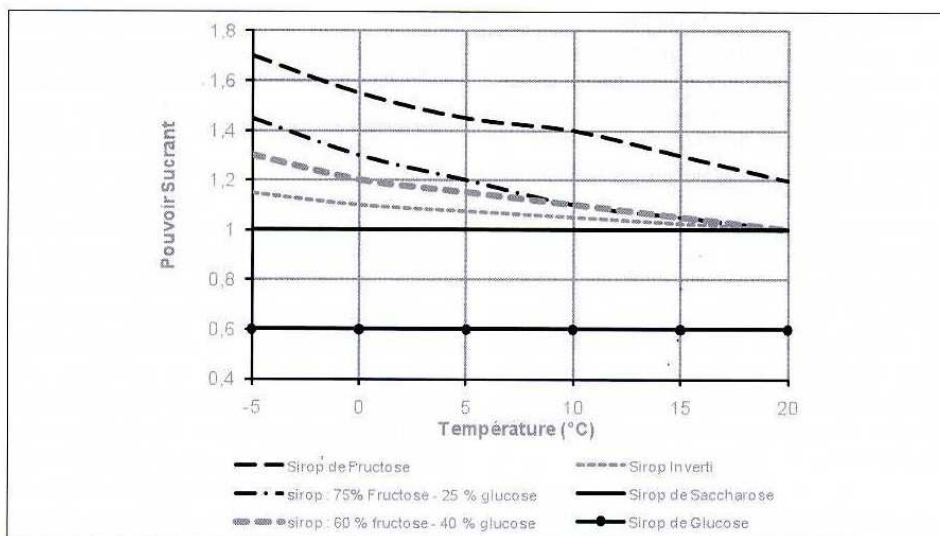


Figure 1. Pouvoir suçant des sucres de fruits.

cose, fructose et galactose) se déroule essentiellement dans le jéjunum. Cette partie de l'intestin grêle est une barrière plus ou moins sélective qui va permettre au glucose alimentaire de rejoindre la circulation sanguine [2]. Si le fructose a une structure et des propriétés différentes du glucose, il se différencie également en termes de voie d'absorption ou de métabolisme.

L'absorption intestinale du fructose suit, à la différence du glucose, un processus de diffusion facilité ne nécessitant pas d'énergie, sauf au niveau de la barrière entérocytaire où le transport du fructose est assuré par une protéine spécifique [3]. De plus, son entrée dans les cellules n'étant pas insulino-dépendante, le fructose ne déclenche pas de sécrétion d'insuline.

Son métabolisme est également différent : après ingestion, il est inutilisable directement par certains tissus comme les muscles. Il devra donc être transformé en glycogène notamment, dans le foie, pour ensuite être utilisé par ces tissus (après une glycogénolyse [production de glucose à partir du glycogène] déclenchée en fonction des besoins énergétiques des tissus). Différentes en-

zymes, dont certaines spécifiques au fructose, permettent sa conversion en produits intermédiaires de la glycolyse (voie métabolique d'assimilation du glucose et de production d'énergie) et de la gluconéogenèse (synthèse du glucose dans le foie, à partir de précurseurs non glucidiques originaires des tissus musculaires ou adipeux [acides aminés, glycérol]) (glucose, glycogène, lactate ou lipide) [4].

Notons également que la rapidité de la métabolisation enzymatique du fructose dans le foie est très supérieure à celle du glucose mais que, si les mécanismes biochimiques sont différents, le catabolisme du fructose produira le même nombre de molécules d'ATP (ou adénosine-5'-triphosphate, molécule qui, dans la biochimie de tous les organismes vivants connus, fournit par hydrolyse l'énergie nécessaire aux réactions chimiques du métabolisme).

3.1. Le fructose dans l'alimentation et les « différents » fructoses disponibles aujourd'hui

Les sources naturelles de fructose sont les fruits et le miel. Cependant, cet ingrédient

était issu principalement de l'hydrolyse du saccharose, de l'inuline ou de l'hydrolyse de l'amidon de céréales et non pas de fruits. Fortement valorisé à l'heure de la demande de naturalité par les consommateurs, le fructose, sucre issu des fruits, fait l'objet de recherches et de développements ces dernières années. Nutritis, entreprise basée à Moissac, a ainsi mis au point un procédé d'extraction de ces sucres directement à partir des fruits. Sans emploi d'additifs ni de conservateurs, l'unique solvant étant l'eau contenue naturellement dans les fruits, ce procédé doux permet de valoriser des sucres naturels issus des productions fruitières. Nutritis a ainsi notamment développé une gamme complète de sucres liquides, dont les compositions glucidiques sont adaptables à des besoins spécifiques : FructiLight, caractérisé par un faible IG (voir ci-dessous) et un fort pouvoir sucrant permettant de diminuer l'apport calorique des recettes, FructiSweet Original, extrait d'un fruit spécifique (pêche, pomme) permettant d'en garantir l'origine et les FructiSweet, mélange de fructose et glucose.

À côté de ce fructose naturel, directement extrait de fruits, on trouve également des sirops de glucose-fructose (autrement appelé HFCS ou isoglucose) largement utilisés dans l'industrie agro-alimentaire. Si l'on ne peut que regretter l'amalgame infondé fait entre fructose natif et ce type de mélanges, l'utilisation importante des HFCS a permis d'initier depuis quelques années de nombreux travaux de recherche quant à l'intérêt nutritionnel du fructose et ses effets sur l'organisme. Mais selon les doses et les espèces étudiées, des résultats contradictoires ont été obtenus [5, 6].

3.2. Les effets du fructose

Un risque d'activation de la lipogenèse de novo...

Selon certaines études, il semblerait que l'absorption de fructose chez l'homme ou

l'animal à des doses massives et répétées (entre cinq et dix fois la quantité quotidienne normalement absorbée) soit délétère d'un point de vue métabolique, pouvant induire une intolérance au glucose et une insulino-résistance. À travers ces études, un lien a été fait entre assimilation de fructose et accumulation ectopique (anormalement située) de triglycérides intramusculaires. Ceci peut être expliqué par l'arrivée massive de ce substrat énergétique dans les cellules qui, ne pouvant pas utiliser la totalité de ce fructose, privilégient la lipogenèse *de novo* (ensemble des processus biochimiques permettant la synthèse des lipides). Ce transfert vers une autre voie de stockage s'active lorsque les réserves en glycogène du foie sont pleines ; l'organisme oriente alors le stockage vers le tissu adipeux. Cependant, pour une population normale, à moins d'avoir une alimentation très riche en sucres et d'être sédentaire, il est peu probable que les réserves de glycogène hépatique soient pleines.

...mais une amélioration de la tolérance au glucose et de la sensibilité à l'insuline

Des résultats contradictoires ont pu être obtenus lors de l'administration de fructose à des doses dites « physiologiques » (une à deux fois la quantité quotidienne normalement absorbée) [7].

En 1998, Lee *et al.* ont mis en évidence que l'administration de fructose chez l'homme pouvait améliorer la tolérance au glucose et la sensibilité à l'insuline [8]. D'autres équipes ont par la suite pu confirmer cet effet chez l'animal [9]. Avec un constat intéressant : le métabolisme hépatique du fructose « aide » à l'utilisation du glucose par le foie [9-12]. De plus, le fructose n'étant pas reconnu par le pancréas, il n'entraîne pas d'induction de la production d'insuline au cours de son absorption, ce qui peut présenter un intérêt majeur dans le cadre de pathologies telles que le diabète [13]. Si ces effets restent à confirmer et à valider sur

différents modèles et chez l'homme, il faut noter que toutes les études investiguant les effets du fructose ont utilisé du fructose issu de céréales ou de betteraves et non du fructose extrait de fruit.

Les travaux de l'Inserm (résultats ci-après) démontrent que le fructose natif extrait des fruits (FructiLight) se comporte différemment : il possède un index glycémique inférieur de plus de 50 % à celui du fructose évoqué dans les études précédentes et il améliore même la tolérance au glucose chez la souris lorsqu'il est administré de façon chronique [14].

4. Intérêt nutritionnel des sucres de fruits

À ce jour, peu de travaux de recherche ont investigué les différences sur l'homéostasie glucidique entre les fructoses naturels issus des fruits et les fructoses extraits de céréales notamment.

Afin de pouvoir comparer les effets de ces différents sucres sur le métabolisme glucidique humain, Jenkins a introduit en 1981 la notion d'index glycémique (*glycemic index of foods* [15]) : cette notion permet le classement des aliments contenant des glucides en fonction de l'impact qu'ils ont sur la glycémie au cours du temps (2 h) suite à leur ingestion, et ce en comparaison à un témoin (glucose ou pain blanc selon les pays). Nous reviendrons dans un prochain article sur ces notions d'index glycémique, son utilisation et son intérêt en nutrition.

Une étude menée par l'Inserm, et présentée ci-dessous, sur les sucres extraits de fruits a permis de comparer les effets à court et à long terme de l'ingestion de différents glucides sur l'homéostasie glucidique de souris.

4.1. Tests aigus

Au cours de cette étude, l'Inserm a effectué

un test de tolérance à ces sucres (*oral sugars tolerance test*, OSTT) par voie orale. Ont été testés : le fructose extrait de fruit mentionné précédemment (FructiLight) comparé à un fructose issu de betterave ; un mélange de fructose (65 %) et de glucose (31 %) extrait de fruits (FructiSweet 67), un mélange de glucose, fructose, saccharose de pommes (FructiSweet Original Apple), un inverti de céréales (HFCS à 52 % glucose et 44 % fructose) et le témoin glucose.

Comme attendu, le glucose administré (dose de 3 g/kg de souris) a augmenté le taux de glucose plasmatique par trois (figure 2). Pour comparer l'effet des autres sucres avec ce témoin glucose, l'index glycémique (IG) a été calculé en utilisant l'aire sous la courbe obtenue lors du test de tolérance. Comme le montre la figure 3, les glucides testés peuvent être séparés en deux groupes :

- le premier est composé par des glucides à IG élevé ou moyen tels que l'HFCS, le FructiSweet Apple et le FructiSweet 67 : on constate en effet que ces sucres ont un IG qui dépasse 50 (figures 2 et 3) ;
- le second groupe est composé du fructose témoin et du FructiLight qui ont un effet très léger sur la glycémie, d'où un faible IG (< 50). On note ici que l'IG du FructiLight est très inférieur à celui du fructose témoin chez la souris ($15,3 \pm 2,4$ vs $38,4 \pm 6,1$) et plus de six fois inférieur au glucose témoin ($15,3 \pm 2,4$ vs $100 \pm 6,3$), classant ainsi FructiLight comme un sucre à très faible IG.

Lors de ce test, l'insuline plasmatique a été mesurée (avant ingestion, puis 30 et 60 min après ingestion). Les résultats présentés sur la figure 4 sont en conformité avec les résultats d'IG. Avec le témoin glucose, on constate une augmentation considérable du taux plasmatique d'insuline alors que les autres composés tels que les HFCS, FructiSweet Apple, FructiSweet 67 et le témoin fructose ont des effets plus modérés. De la même façon, l'administration du FructiLight ne modifie pas significative-

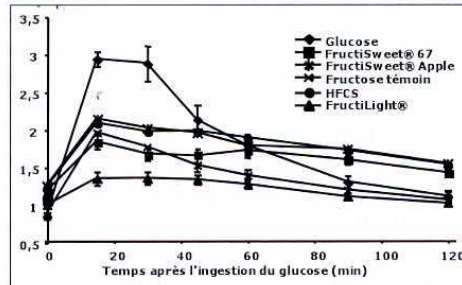


Figure 2. Test oral de tolérance aux sucres.

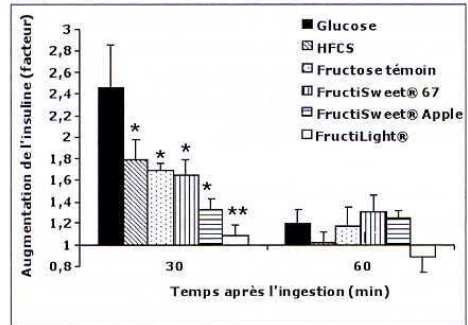


Figure 4. Augmentation du taux d'insuline après l'ingestion des sucres.

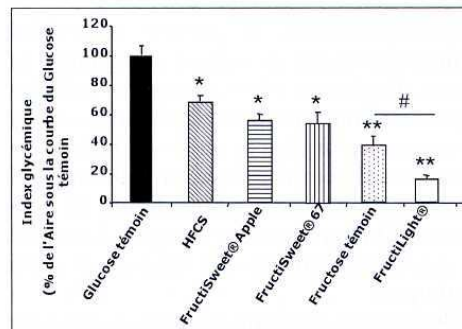


Figure 3. Aires sous la courbe des réponses glycémiques liées à l'ingestion des sucres. Tests statistiques : * $p < 0,05$ comparé au glucose ; ** $p < 0,01$ comparé au glucose ; # $p < 0,05$ comparé au fructose témoin. Données : moyenne \pm SEM - groupes de 7 souris.

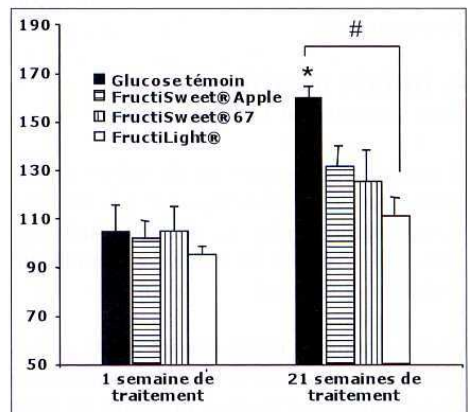


Figure 5. Tests OGTT en semaine 1 et en semaine 21 après 21 semaines d'ingestion chronique des différents sucres.

Tests statistiques : * $p < 0,05$ comparé à semaine 1 ; # $p < 0,05$ comparé au glucose témoin. Données : moyenne \pm SEM de l'aire sous la courbe (AUC) - groupes de 7 souris.

ment les taux d'insuline plasmatique, ce qui confirme les résultats de très faible IG de ce fructose extrait de fruits. La mesure du taux d'insuline plasmatique à $t=60$ min après ingestion montre qu'il n'y a aucune différence significative entre les glucides. Il n'y a donc pas d'effets différés observables.

4.2. Tests chroniques

Lors de ces expériences à long terme (21 semaines) chez la souris, l'objectif était de savoir si l'ingestion chronique de sucres extraits de fruits, comparativement au témoin glucose, pouvait modifier les paramètres métaboliques tels que le poids, la masse grasse, la masse maigre, la tolérance au glucose, le niveau d'insuline plasmatique.

Après 21 semaines de traitement, aucune

différence de poids ou de composition corporelle (masses grasse et maigre) n'a été notée chez les souris.

Afin de tester ce régime d'ingestion chronique de sucres extraits de fruits sur l'homéostasie glucidique, l'équipe du Pr Valet de l'Inserm a effectué des tests de tolérance au glucose par voie orale en début (semaine 1) et en fin (semaine 21) de traitement. Les résultats présentés en figure 5 démontrent que le traitement au glucose sur 21 semaines altère la tolérance au glucose de l'organisme des souris, ce qui est illustré

par l'augmentation de l'aire sous la courbe des tests de tolérance (OGTT) alors que les sucres extraits de fruits ne modifient pas significativement ce paramètre. On constate même que le FructiLight comparé au glucose améliore significativement la tolérance au glucose dans ce contexte de régime chronique.

De plus, il a été vérifié que les sucres extraits de pommes n'engendrent pas d'effets délétères hyperglycémiant (maintien de la sécrétion d'insuline suite à une absorption de glucose permettant d'assurer le stockage du glucose dans les tissus) ou prédiabétogène (pas d'altération des fonctions rénales et pancréatiques des animaux et absence de marqueur de diabète).

5. Conclusion

En conclusion, au-delà de leur atout de naturalité et de leurs propriétés technologiques, les sucres extraits de fruits (FructiLight, FructiSweet) démontrent, au travers des études menées par l'Inserm, leurs bénéfices nutritionnels : 1) le fructose de pommes a un index glycémique extrêmement bas, 2) la sécrétion d'insuline liée à son ingestion est très faible, 3) à des doses physiologiques, il est même bénéfique pour le maintien de l'homéostasie glucidique à long terme, et 4) il n'a pas d'effet hyperglycémiant ni prédiabétogène. Face à ces résultats très intéressants chez la souris, l'objectif est bien sûr de valider ces données de faible index glycémique sur une cohorte humaine et nous présenterons ces résultats dans un prochain article. À terme, il s'agit ici de proposer, à partir de la gamme de sucres naturels de fruits Nutritis, une série de solutions industrielles et des arguments technologiquement et cliniquement validés (garantie de l'origine 100 % fruit, faible IG, pouvoir sucrant élevé permettant de diminuer l'apport calorique), applicables pour un large ensemble de produits finis : confitures et compotes, eaux aromatisées, boissons sucrées, produits laitiers, glaces et sorbets.

Bibliographie

1. Basciano H., Lisa F., Khosrow A. *Fructose, insulin resistance, and metabolic dyslipidemia*. Nutrition & Metabolism, 2, 1, 2005 (5.doi:10.1186/1743-7075-2-5-).
2. Drozdowski L.A., Thomson A.B.R. *Intestinal sugar transport*. World Journal of Gastroenterology, 12, 11, 1657-1670, 2006.
3. Sigman-Grant M., Morita J. *Defining and interpreting intakes of sugars*. The American Journal of Clinical Nutrition, 78, 4, 815S-826S, 2003.
4. Tappy L., Lê K.A. *Metabolic effects of fructose and the worldwide increase in obesity*. Physiological Reviews, 90, 1, 23-46, 2010 (doi:10.1152/physrev.00019.2009).
5. Barbosa C.R., Albuquerque E.M.V., Faria E.C., Oliveira H.C.F., Castilho L.N. *Opposite lipemic response of Wistar rats and C57BL/6 mice to dietary glucose or fructose supplementation*. Revista Brasileira de Pesquisas Médicas e Biológicas, 40, 3, 323-331, 2007.
6. Elliott S.S., Keim N.L., Stern J.S., Teff K., Havel P.J. *Fructose, weight gain, and the insulin resistance syndrome*. The American Journal of Clinical Nutrition, 76, 5, 911-922, 2002.
7. Gaby A.R. *Adverse effects of dietary fructose*. Alternative Medicine Review: A Journal of Clinical Therapeutic, 10, 4, 294-306, 2005.
8. Lee B.M., Wolever T.M. *Effect of glucose, sucrose and fructose on plasma glucose and insulin responses in normal humans: comparison with white bread*. European Journal of Clinical Nutrition, 52, 12, 924-928, 1998.
9. McGuinness O.P., Cherrington A.D. *Effects of fructose on hepatic glucose metabolism*. Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care, 6, 4, 441-448, 2003 (doi:10.1097/01.mco.0000078990.96795.cd).
10. Watford M. *Small amounts of dietary fructose dramatically increase hepatic glucose uptake through a novel mechanism of glucokinase activation*. Nutrition Reviews, 60, 8, 253-257, 2002.
11. Heacock P.M., Hertzler S.R., Wolf B.W. *Fructose prefeeding reduces the glycemic response to a high-glycemic index, starchy food in humans*. The Journal of Nutrition, 132, 9, 2601-2604, 2002.
12. Wolf B.W., Humphrey P.M., Hadley C.W., Maharry K.S., Garleb K.A., Firkins J.L. *Supplemental fructose attenuates postprandial glycemia in Zucker fatty falfa rats*. The Journal of Nutrition, 132, 6, 1219-1223, 2002.
13. de Kalbermatten N., Ravussin E., Maeder E., Geser C., Jéquier E., Felber J.P. *Comparison of glucose, fructose, sorbitol, and xylitol utilization in humans during insulin suppression*. Metabolism: Clinical and Experimental, 29, 1, 62-67, 1980.
14. Dray C., Colom A., Guigné C., Legonidec S., Guibert A., Ouarne F., Valet P. *Native fructose ex-*

- tracted from apple improves glucose tolerance in mice. *Journal of Physiology and Biochemistry*, 65, 4, 361-368, 2009 (doi:10.1007/BF03185931).
15. Jenkins D.J., Wolever T.M., Taylor R.H., Barker H., Fielden H., Baldwin J.M., Bowling A.C., Newman H.C., Jenkins A.L., Goff D.V. *Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchange*. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 34, 3, 362-366, 1981.

L'auteur

Aurélié David
Vicbiostart
20, rue Sainte-Anne
F-31000 Toulouse
a.david@nutritis.com