
La perception des composés d'arôme par analyse sensorielle

Suite aux travaux menés en RATD/GC-MS sur la libération *in vivo* des COVs, des analyses sensorielles ont également été conduites pour évaluer l'impact de la texture des produits de mangue frais et séchés de l'étude sur la perception aromatique des produits.

Ces analyses sensorielles ont été réalisées avec un panel de 10 sujets (6F/4H) dont 7 sujets du panel RATD (3F/4H, sujets J₁-J₇). L'odeur, la texture, les saveurs et l'arôme des produits d'étude ont été évalués suivant une liste de descripteurs imposés tirés de la littérature sur mangue (Ledeker, Chambers, *et al.*, 2012; Ledeker, Suwonsichon, *et al.*, 2014; Malundo, Baldwill, *et al.*, 1996; Malundo, Shewfelt, & Ware, 2001; Suwonsichon, Chambers Iv, *et al.*, 2012) et suivant une échelle de notation discrète de 0 à 10. Les produits frais ont été notés indépendamment des produits séchés. Ainsi, deux listes de descripteurs et échelles de notations ont été établies, une pour les produits frais et une pour les produits séchés. Les panélistes ont été entraînés sur 2 sessions avant de réaliser l'évaluation sensorielle des produits de mangue.

Les résultats obtenus en analyse sensorielle sur les produits de mangue frais et séchés de l'étude sont présentés dans la figure ci-contre (Figure 42), et également inclus et discutés dans l'article présenté précédemment (cf. Chapitre *Résultats & Discussion*, Partie 2, Article en projet §4.4.3, p 167).

Pour les produits frais, sur les 12 descripteurs sensoriels évalués, seulement 6 descripteurs présentent des différences significatives entre la purée fraîche et les cubes frais de mangue. Les notes olfactives des produits frais (*odeur globale* et *odeur fruitée*) sont similaires. Pour les descripteurs texturants, les sujets ont noté les cubes plus *fermes*, avec plus de *fibres* et de *particules* ressentis en bouche. Les saveurs *sucrée* et *acide* ont été perçues plus intensément sur la purée que sur les cubes. Enfin, les descripteurs aromatiques *mangue* et *épicé* ont été perçus davantage sur les cubes que sur la purée.

Au regard de la littérature sur mangue, les auteurs (Ledeker, Chambers, *et al.*, 2012) ont comparé les propriétés sensorielles de cubes de mangue frais et d'une purée fraîche flash-pasteurisée (85°C, 15s) issus d'un même lot de mangues Kent. Les morceaux de mangue avaient alors été rapportés comme plus *visqueux* et *fibreuse* que la purée et avec un

arôme plus *fruité* que la purée. Ces résultats vont donc dans le sens de ceux observés expérimentalement dans ces travaux de thèse.

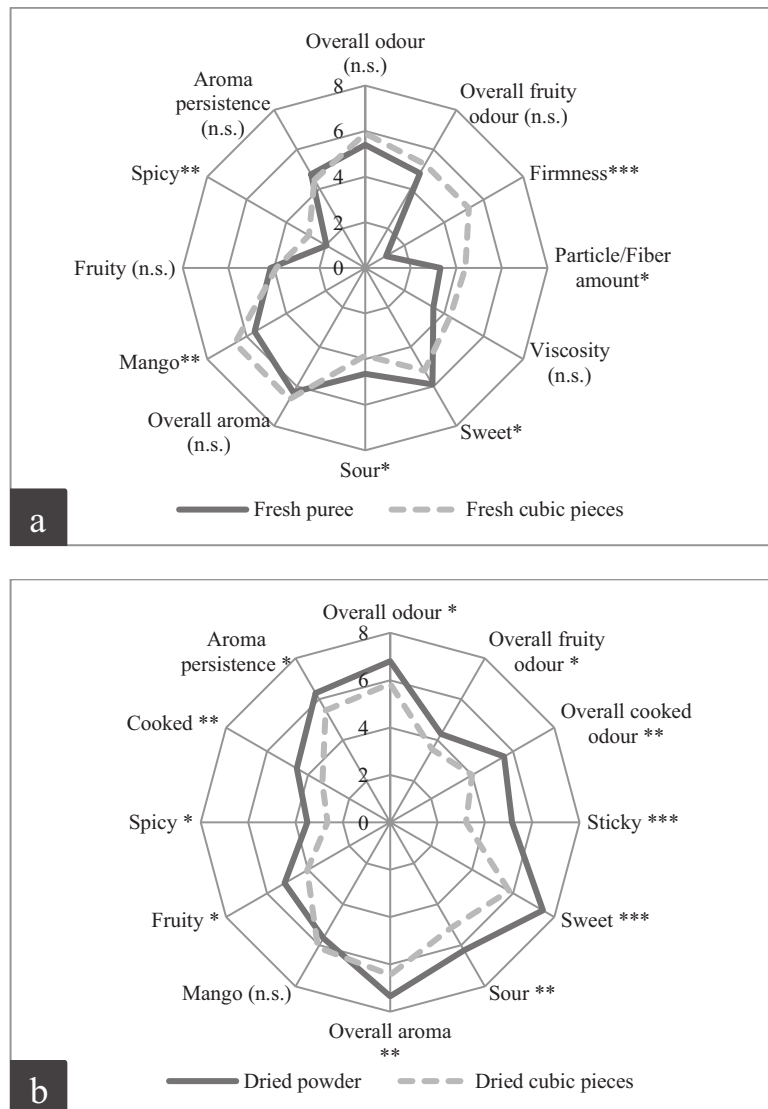


Fig. 7. Sensory analysis of mango samples: (a) fresh puree and fresh cubic pieces; (b) dried powder and dried cubic pieces. ANOVA with Tukey’s HSD : no significance (n.s.); significance *($\alpha < 5\%$); **($\alpha < 1\%$); ***($\alpha < 0.1\%$)

Figure 42. Analyses sensorielles réalisées sur (a) les produits de mangue frais et (b) les produits de mangue séchés de l’étude.

Source : Résultats extraits de l’article en projet présenté précédemment (cf. Chapitre *Résultats & Discussion*, Partie 2, Article en projet §4.4.3., p 167).

Pour les produits de mangue séchés, sur les 12 descripteurs sensoriels évalués, la poudre séchée a été notée significativement plus intense que les cubes séchés sur tous les descripteurs sensoriels excepté pour le descripteur aromatique *mangue* (non significatif). Ainsi, l'*odeur globale* et les notes olfactives *fruitée* et de *cuit*¹⁶ de la poudre séchée sont plus intenses que celles des cubes. D'un point de vue texture, la poudre a été notée plus *collante* que les cubes. Les *saveurs sucrée* et *acide* ont été perçues plus intensément sur la poudre que sur les cubes. Enfin, les descripteurs aromatiques *fruité*, *épicé* et *cuit*¹ ainsi que l'*arôme global* et sa *persistance en bouche* ont été notés plus élevés sur poudre séchée que sur cubes séchés. En comparaison avec la littérature, Sharma, Kadam, *et al.* (2013) ont étudié les propriétés sensorielles de différents jus de mangue reconstitués à base de poudres séchées de mangue de granulométries différentes. Il apparaît ainsi, dans ces travaux, que la granulométrie des poudres séchées impacte bien la flaveur finale des jus reconstitués.

Au vu des résultats obtenus sur produits frais et séchés de mangue, certaines conclusions peuvent être mises en avant quant à l'impact de la texture des produits de fruit sur la perception sensorielle globale des produits.

Les analyses sensorielles menées démontrent ainsi que la perception des saveurs sucrée et acide sont plus intenses sur les produits déstructurés (purée fraîche, poudre séchée) que structurés (cubes frais et séchés). Les saveurs acide et sucrée peuvent être corrélées aux données physicochimiques des produits (pH, acidité titrable AT, ratio °Bx/TA, °Bx, acides organiques, glucides, etc). Dans le cas des fruits (banane, pomme, mangue, kiwi, etc.), la saveur acide peut être corrélée au pH, à l'AT et au ratio °Bx/AT, quant à la saveur sucrée, celle-ci est peu corrélée au °Bx mais elle peut être corrélée à d'autres facteurs suivant le fruit considéré (AT, descripteurs aromatiques, composé d'arôme, etc.), (Harker, Marsh, *et al.*, 2002; Malundo, Shewfelt, Ware, *et al.*, 2001; Marsh, Friel, *et al.*, 2005). Les propriétés physicochimiques des produits de mangue frais d'une part, et des produits séchés d'autre part, étant comparables (même °Bx, pH, AT), la différence de perception des saveurs sucrée et acide entre produits structuré/déstructuré est donc bien due à l'état textural des produits. L'hypothèse qui peut être émise est que, dans le cas des produits déstructurés, la surface de contact entre la langue et la matrice de fruit est plus importante qu'avec des produits structurés. Ainsi la stimulation des bourgeons du goût par des tastants serait donc plus importante sur produits déstructurés.

¹⁶ Note olfactive/aromatique de cuit : note de caramel, ou de fruits cuits, caramélisés, séchés ou confits

Pour ce qui est de la perception aromatique des produits de mangue frais et séchés, celle-ci n'est pas fonction de l'état structuré ou déstructuré du produit de mangue, mais plutôt à l'état frais ou séché du produit. En effet, dans le cas des produits frais, le produit structuré (cubes) est plus aromatique que le produit déstructuré (purée) avec des notes *mangue* et *épicée* plus intenses sur cubes que sur purée. À l'inverse, pour les produits séchés, le produit déstructuré (poudre) est plus aromatique que le produit structuré (cubes) avec un *arôme global* et des notes *fruitée*, *épicée* et de *cuit*¹⁷ plus intense sur poudre que sur cubes. Ainsi, l'état textural des produits de mangue n'apparaît pas comme étant le facteur le plus déterminant dans la perception aromatique des COVs. Dans le même sens, les travaux menés par Poinot, Arvisenet, *et al.* (2011) ont ainsi démontré que sur différents cultivars de pommes, la perception globale de la flaveur des fruits est avant tout impactée par les saveurs, suivies dans un second temps de la texture et de l'arôme. Les produits séchés étant bien plus sucrés (environ 80°Bx) et un peu plus acides que les produits frais, l'hypothèse qui pourrait être émise est que, la teneur en glucides et acides organiques présente dans les produits séchés serait telle qu'elle puisse jouer un rôle important dans la perception des saveurs et impacter ainsi la perception aromatique des COVs. La poudre séchée étant notée plus sucrée et acide que les cubes, ceci pourrait alors expliquer que la perception des notes aromatiques (*arôme global*, *fruitée*, *épicée*, *cuit*¹) soient plus intenses sur poudre séchée que sur cubes.

Avec l'étude faite sur le profil aromatique des produits de mangue par SAFE/GC-MS, il est possible d'émettre l'hypothèse que les COVs dont l'OAV est supérieure à 1 puissent contribuer aux descripteurs aromatiques utilisés en analyse sensorielle pour décrire les produits de mangue. D'autres COVs également reportés dans la littérature comme étant importants dans l'arôme de mangue (OAV et FD élevés), peuvent aussi participer aux descripteurs aromatiques des produits de mangue. Ainsi, les composés terpéniques α -pinène, δ -3-carène, α -phellandrène, β -myrcène, limonène, β -ocimène, p-cymène, α -terpinolène et camphène peuvent contribuer à développer des notes citrus, vertes, térébenthine et boisées typiques de l'arôme de mangue. Les composés α -phellandrène, p-cymène et β -caryophyllène peuvent, quant à eux, développer des notes épicées. Le butanoate de 3-méthylbutyle peut contribuer aux notes fruitées ; le pent-1-ène-3-ol, hexanal et nonanal à des notes grasses, rances et beurrées ; le (*E*)-non-2-éanal, (*E,Z*)-nona-2,6-diéanal et heptanal à des notes vertes et grasses ; enfin la γ -butyrolactone, δ -octalactone et γ -octalactone à des notes grillées et de

¹⁷ Note olfactive/aromatique de cuit : note de caramel, ou de fruits cuits, caramélisés, séchés ou confits

caramel. À l'image des travaux de Munafo, Didzbalis, *et al.* (2016) sur mangue, une étude de reconstitution de l'arôme des produits de mangue pourrait être envisagée afin d'évaluer l'impact des 20 COVs cités précédemment sur les descripteurs aromatiques utilisés en analyse sensorielle.

À l'issue des travaux réalisés en analyse sensorielle, il apparaît clairement que la perception aromatique des COVs des produits de mangue est le résultat de la contribution de différents stimuli sensoriels faisant intervenir à la fois les composés aromatiques (nature et quantité des COVs), la texture et la saveur des produits.

5. Conclusion générale et Perspectives

5. Conclusion générale et Perspectives

Pour l'ensemble des études *in vivo* et *in vitro* réalisées au cours de ces travaux de thèse, les 4 produits de mangue de l'étude ont été élaborés à partir d'un lot de mangues Kent homogène. Dans ces conditions, deux produits frais (purée fraîche, cubes frais) comparables d'un point de vue aromatique et physicochimique, mais différents d'un point de vue texture, ont ainsi été confectionnés et comparés ensemble tout au long de l'étude de thèse. Il en va de même pour les deux produits séchés de l'étude, (poudre séchée, cubes séchés).

La technique SAFE/GC-MS mise en place a permis d'étudier le potentiel aromatique des produits de mangue frais (cubes, purée) et séchés (cubes, poudre). Il apparaît que les composés terpéniques sont de loin les COVs les plus abondants du profil aromatique des produits de mangue suivis des alcools et des lactones. Les différences aromatiques entre les produits frais et séchés de mangue ont permis de comprendre l'impact du procédé de séchage sur le profil aromatique de la mangue fraîche (Bonneau, Boulanger, *et al.*, 2016). Il apparaît ainsi qu'une perte importante de COVs est induite au cours du séchage en même temps que la production et l'apparition de nouveaux composés. Le calcul expérimental des OAVs et les données de la littérature sur l'arôme de mangue ont permis de mettre en évidence les COVs potentiellement importants dans l'arôme des produits de mangue frais et séchés.

Pour étudier la libération *in vivo* des COVs, le choix d'une technique de piégeage a été préféré à un suivi *in vivo* des COVs en temps réel (PTR-MS). En effet, les produits de mangue présentent de nombreux composés terpéniques, de masses moléculaires identiques, importants dans l'arôme de mangue et qu'il aurait été délicat d'identifier et de suivre en PTR-MS. Les techniques *in vivo* de piégeage SPME et RATD mentionnées dans la littérature (Munoz-Gonzalez, Martin-Alvarez, *et al.*, 2014b; Pionnier, Sémon, *et al.*, 2005) ont toutes deux été testées car elles conduisent à une meilleure identification des COVs grâce à l'analyse GC-MS en mode EI. Seule la technique RATD a permis de mettre au point un protocole satisfaisant et exploitable permettant un suivi *in vivo* de la libération des COVs. L'originalité du protocole *in vivo* mis en place dans ces travaux de thèse réside dans le fait que la technique RATD a été associée à un protocole de dégustation imposé grâce à l'utilisation d'une animation visuelle. Cette animation a permis de standardiser au mieux les

cycles de respiration, mastication et déglutition des sujets ainsi que le temps de consommation des produits d'étude (temps de dégustation identique pour chaque produit). Un temps de repos et un rinçage de la cavité orale des sujets ont également été respectés entre chaque dégustation produit. Toutes ces précautions prises ont permis de rendre comparable la libération *in vivo* des COVs sur chaque sujet, chaque produit et chaque dégustation (répétition). De nombreux tests d'optimisation et de validation de protocole ont également été menés pour parfaire le protocole *in vivo*. Ainsi, les variabilités physiologiques orales intra- et inter-individuelles, ainsi que les variabilités autres (matériel, protocole d'extraction, etc.) ont ainsi été limitées pour observer au mieux l'impact de la texture des produits de mangue sur la libération *in vivo* des COVs.

Il apparaît ainsi que sur les 50 COVs identifiés en SAFE/GC-MS sur les produits de mangue, seuls les composés terpéniques (17 monoterpènes et 3 sesquiterpènes) et un ester dans le cas des produits séchés (butanoate de 3-méthylbutyle) sont observés en *in vivo* RATD/GC-MS. Au cours de la dégustation *in vivo* des produits de mangue, ces composés sont significativement plus libérés sur les produits structurés (cubes frais et séchés) que sur les produits déstructurés (purée fraîche, poudre séchée). Les travaux précédemment menés sur fruits ou fruits modèles, bien que discutables et différents d'un point de vue protocole et précautions adoptés (protocoles de dégustation libre/imposé, produits plus ou moins similaires d'un point de vue aromatique/matriciel, etc.) viennent étayer ces 1^{ères} conclusions expérimentales *in vivo* (Boland, Delahunty, *et al.*, 2006; Frank, Eyres, *et al.*, 2012; Ting, Romano, *et al.*, 2016).

Ces 1^{ers} résultats *in vivo* ont suggéré une hypothèse quant à l'impact potentiel de la salive humaine dans le processus de libération rétronasale des COVs des produits de mangue. L'hypothèse posée étant que la salive aurait un effet rétention sur les COVs plus importante dans le cas des produits déstructurés, que dans le cas des produits structurés. Une étude a donc été menée sur la libération *in vitro* des COVs par extraction P&T avec la salive des panélistes RATD. Les expériences *in vitro* ont permis de montrer que la salive humaine n'aurait pas d'influence sur la libération *in vivo* des COVs sur les produits de mangue. De plus, la libération *in vitro* des COVs en P&T est en accord avec les résultats obtenus sur libération *in vivo* des COVs en RATD. En effet, les COVs sont significativement plus libérés sur produit structuré que déstructuré. Ainsi, seul l'état textural (structuré/déstructuré) des produits de mangue aurait joué un rôle significatif dans les résultats obtenus en RATD *in vivo*. Une 1^{ère} perspective d'étude à envisager, pour compléter ces 1^{ers} résultats *in vitro*,

serait d'utiliser un simulateur de dégustation plus complet (mastication, respiration, salivation et déglutition simulées en *in vitro*) afin d'évaluer l'effet de la salive associé aux autres facteurs physiologiques sur la rétention ou relargage des COVs des produits de mangue.

Dans un dernier temps, des analyses sensorielles ont été conduites sur les produits de mangue de l'étude afin d'évaluer l'impact de la texture sur les propriétés organoleptiques des produits, et plus spécifiquement sur la perception aromatique des COVs. La confrontation des résultats obtenus sur la libération *in vivo* des COVs par RATD/GC-MS et sur la perception aromatique des COVs par analyse sensorielle ont permis de conclure à des observations intéressantes. Pour les produits frais, la libération *in vivo* des COVs est en accord avec les résultats d'analyse sensorielle sur la perception aromatique des COVs. En effet, sur les 20 COVs extraits en RATD/GC-MS sur produits frais, 17 COVs (14 monoterpènes et 3 sesquiterpènes) sont significativement plus libérés sur cubes que sur purée, et dans le même sens, les cubes sont notés plus intenses sur les descripteurs aromatiques *mangue* et *épicé* que la purée. À l'inverse, pour les produits séchés, les résultats de libération *in vivo* des COVs et les résultats de perception aromatique des COVs sont divergents. En effet, sur les 21 COVs extraits en RATD/GC-MS sur produits séchés, 12 COVs (11 monoterpènes et 1 sesquiterpène) sont significativement plus libérés sur cubes que sur poudre, mais à l'inverse, la poudre est perçue avec des notes aromatiques *fruitée*, *épicée* et *cuit* plus intenses que sur cubes. De même l'*arôme global* et la *persistance en bouche* de ce dernier est plus important sur poudre que sur cubes. Cette comparaison des résultats de libération *in vivo* et de perception aromatique des COVs permet de mettre en avant que la libération *in vivo* des COVs ne permet pas toujours de prédire la perception aromatique des produits. Les auteurs Boland, Delahunty, *et al.* (2006) ont conclu aux mêmes résultats sur gels pectiques aromatisés en analyse par PTR-MS. En effet, les gels fermes libèrent plus de COVs que des gels homologues plus souples alors qu'à l'inverse, la perception de l'arôme est perçue plus intensément sur les gels souples que sur les gels fermes.

Ces divergences de résultats entre libération *in vivo* et perception aromatique des COVs peuvent susciter quelques hypothèses. Tout d'abord par interactions cognitives, la perception aromatique des COVs peut être influencée par de multiples facteurs tels que les saveurs, exhausteurs d'arôme. Dans le cas des produits séchés, les saveurs sucrée et acide sont plus perçues sur poudre que sur cubes, ceci peut éventuellement expliquer que la poudre soit perçue comme étant plus aromatique que les cubes. Les auteurs Boland, Delahunty, *et al.* (2006) avaient fait également la même hypothèse sur des gels pectiques : les gels souples

étaient perçus comme plus sucrés et plus aromatiques que les gels fermes alors que l'arôme et la teneur en sucre étaient identiques entre les gels. Une autre hypothèse est que, le protocole de dégustation utilisé en analyse sensorielle était libre au contraire du protocole strict imposé en RATD/GC-MS. La dégustation faite en analyse sensorielle n'était donc peut-être pas assez représentative des résultats obtenus en RATD/GC-MS. Enfin, une dernière hypothèse plausible est que les techniques *in vivo* de suivi en temps réel (PTR/API-MS) ou de piégeage (SPME *in vivo*, RATD) des COVs ne tiennent compte que des molécules expirées en excédant dans les effluves nasales des sujets. Ainsi, il n'est pas exclu que d'autres molécules en quantités traces aient bien été libérées, expirées et perçues par les sujets en analyse sensorielle. Autrement dit, il est probable que sur l'ensemble des autres molécules constituant le profil aromatique des produits de mangue, certaines ont bien été libérées en *in vivo* et perçues par les sujets en analyse sensorielle, contribuant ainsi à la perception aromatique globale des produits, mais pour autant celles-ci n'ont pas été détectées en RATD/GC-MS. Ceci a pu également contribuer aux divergences de résultats obtenus entre libération *in vivo* et perception aromatique des COVs.

En conclusion, la stratégie d'étude adoptée et l'ensemble des outils et techniques mis en place ont permis d'aboutir à de nouvelles données scientifiques intéressantes quant à l'impact de la texture des fruits sur la libération *in vivo* et la perception aromatique des COVs de produits frais et séchés de mangue. La texture impacte significativement la libération *in vivo* des COVs en fonction de l'état textural des produits. En revanche, la perception aromatique des COVs est la résultante de multiples facteurs dont la texture n'est pas le facteur le plus impactant. Toujours est-il que pour comprendre le processus de perception rétronasale dans sa globalité, il est essentiel de coupler une étude de libération *in vivo* des COVs à une étude sensorielle de la perception aromatique des COVs.

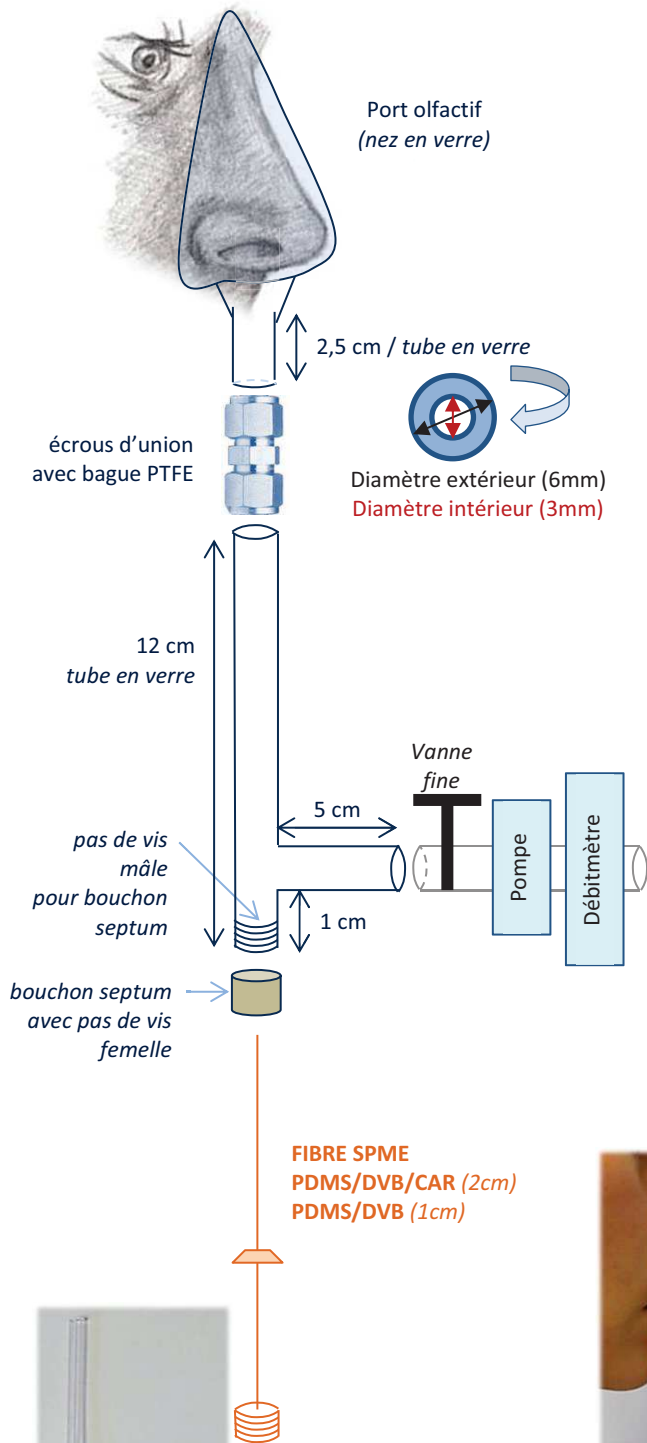
En perspective, il serait intéressant de pouvoir établir des relations entre les COVs libérés en *in vivo* RATD/GC-MS et les descripteurs aromatiques générés par un panel d'expert en analyse sensorielle lors de la dégustation des produits de mangue. Pour ce faire, des matrices modèles de mangue peuvent être élaborées à l'aide de pectines isolées de mangues et des COVs clés de l'arôme de mangue (OAV et FD important) reportés dans la littérature (Munafo, Didzbalis, *et al.*, 2014; Munafo, Didzbalis, *et al.*, 2016; Pino, 2012; Pino & Mesa, 2006).

De plus, la stratégie d'étude adoptée et les méthodes et outils mis en place (SAFE/GC-MS, RATD/GC-MS associé à un protocole de dégustation imposé, analyse sensorielle) peuvent très bien être réutilisés pour des applications plus technologiques en industries agroalimentaires. En effet, à l'image des travaux de Sharma, Kadam, *et al.* (2013), (impact de la granulométrie de poudres de mangue séchée sur la flaveur de jus de mangue reconstitué à partir de ces poudres), le choix de la dimension des cubes de fruits dans des desserts (yaourt, gâteau, salades de fruits, etc.), ou encore le choix de la granulométrie d'une purée pourraient très bien faire l'objet de nouvelles études scientifiques en vue d'améliorer la formulation de certains produits ou bien améliorer certains procédés de transformations sur fruits. La stratégie d'étude de thèse permettrait ainsi d'étudier l'impact textural des fruits et/ou de certains procédés de transformation sur la qualité finale des produits et de pouvoir l'expliquer à l'échelle des COVs émis en libération *in vivo*.

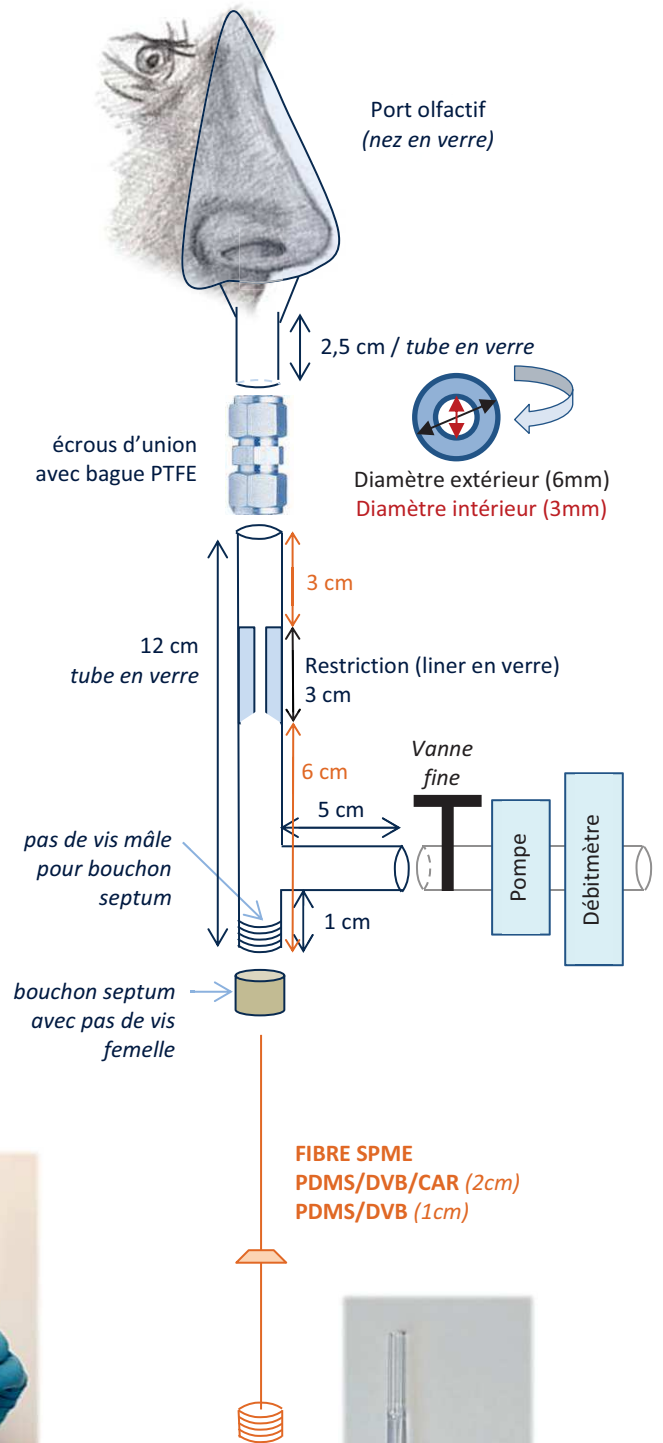
Annexes

Annexe 1. Les montages SPME *in vivo* pour l'étude de de la libération des composés d'arôme au cours de la consommation des produits de mangue.

Le montage SPME *in vivo* en « T »

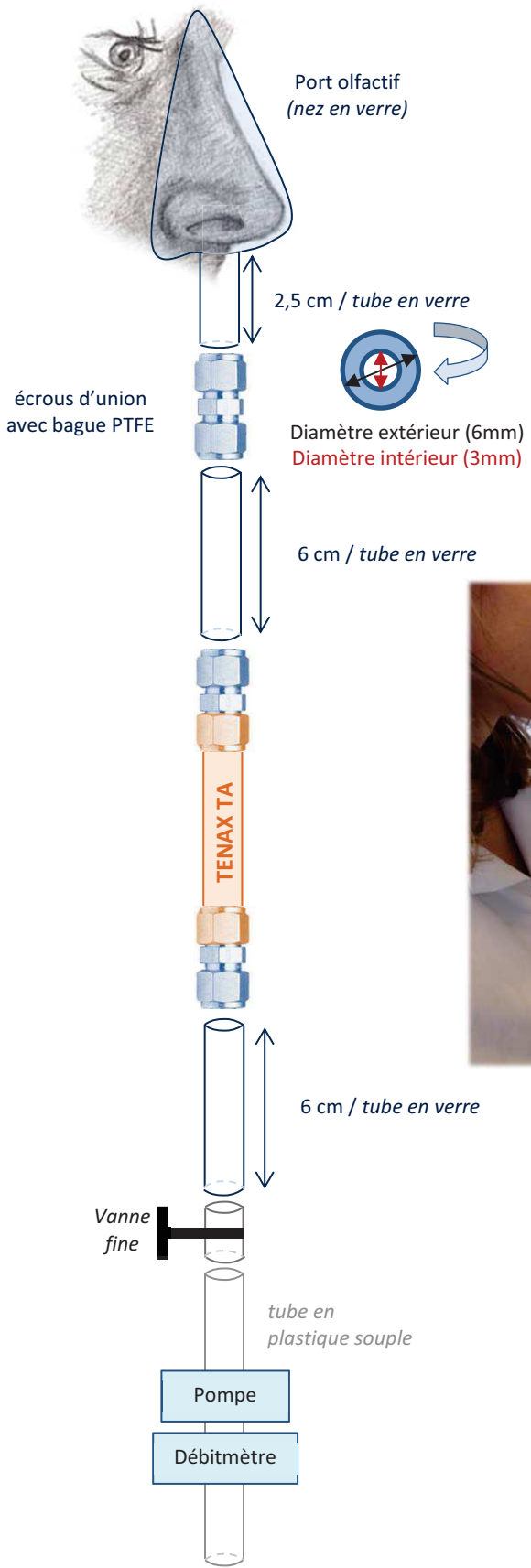


Le montage SPME *in vivo* en « T » avec restriction

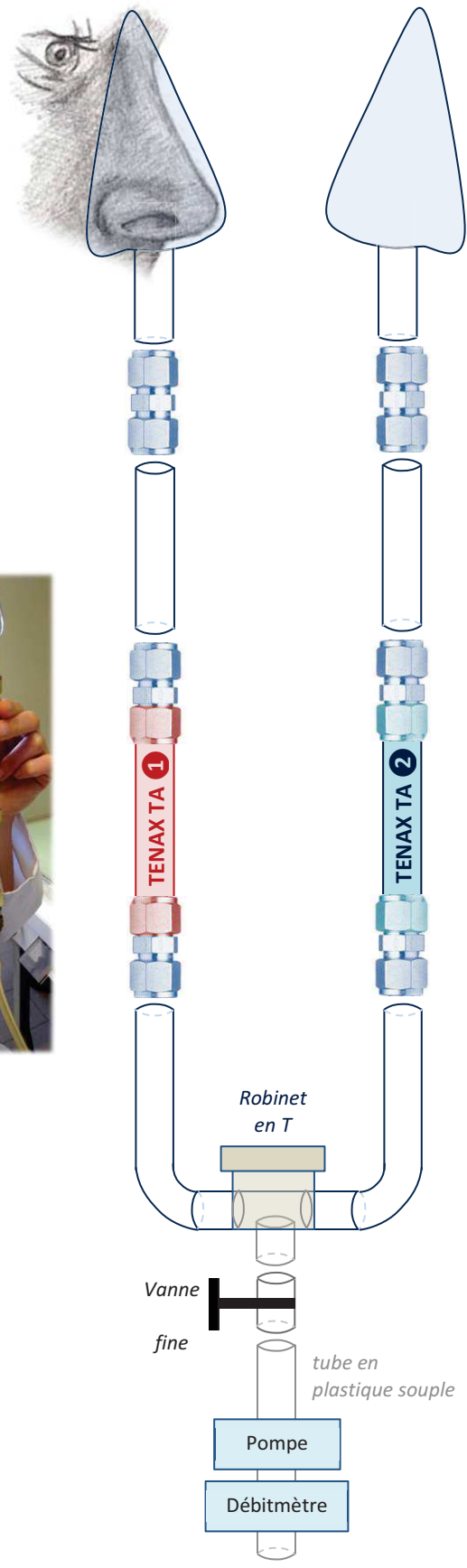


Annexe 2. Les montages RATD pour l'étude de de la libération *in vivo* des composés d'arôme au cours de la consommation des produits de mangue.

**Le montage RATD simple
(1 tube d'extraction)**



**Le montage RATD double
(2 tubes d'extraction)**



Références bibliographiques

Références bibliographiques

- Adedeji, J., Hartman, T. G., Lech, J., & Ho, C. T. (1992). Characterization of Glycosidically Bound Aroma Compounds in the African Mango (*Mangifera indica* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40(4), 659-661.
- AOAC. (2000). Official Methods of Analysis of AOAC International, *Association of Official Analytical Chemists, Inc.* pp 912-914.
- Apréa, E., Biasioli, F., Gasperi, F., Märk, T. D., & van Ruth, S. (2006). In vivo monitoring of strawberry flavour release from model custards: effect of texture and oral processing. *Flavour and Fragrance Journal*, 21(1), 53-58.
- Arvisenet, G., Billy, L., Poinot, P., Vigneau, E., Bertrand, D., & Prost, C. (2008). Effect of apple particle state on the release of volatile compounds in a new artificial mouth device. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(9), 3245-3253.
- Arvisenet, G., Billy, L., Royer, G., & Prost, C. (2006). Role of mastication on the release of apple volatile compounds in a model mouth system. *Developments in Food Science*, 43, 465-468.
- Augustyn, W. A., Botha, B. M., Combrinck, S., Maree, J. E., & du Plooy, G. W. (2010). Effect of secondary metabolites on gall fly infestation of mango leaves. *Flavour and Fragrance Journal*, 25(4), 223-229.
- Baldermann, S., Naim, M., & Fleischmann, P. (2005). Enzymatic carotenoid degradation and aroma formation in nectarines (*Prunus persica*). *Food Research International*, 38(8-9), 833-836.
- Baldwin, E. A., Goodner, K., & Plotto, A. (2008). Interaction of Volatiles, Sugars, and Acids on Perception of Tomato Aroma and Flavor Descriptors. *Journal of Food Science*, 73(6), S294-S307.
- Beaulieu, J. C., & Lea, J. M. (2003). Volatile and quality changes in fresh-cut mangos prepared from firm-ripe and soft-ripe fruit, stored in clamshell containers and passive MAP. *Postharvest Biology and Technology*, 30(1), 15-28.
- Belitz, H.-D., Grosch, W., & Schieberle, P. (2009a). Aroma Compounds, *Food Chemistry*. Springer, *Springer-Verlag Berlin Heidelberg*. pp 340-402.
- Belitz, H.-D., Grosch, W., & Schieberle, P. (2009b). Lipids, *Food Chemistry*. Springer, *Springer-Verlag Berlin Heidelberg*. pp 1070.
- Bender, R., Brecht, J., Baldwin, E., & Malundo, T. (2000). Aroma Volatiles of Mature-green and Tree-ripe 'Tommy Atkins' Mangoes after Controlled Atmosphere vs. Air Storage. *HortScience*, 35(4), 684-686.
- Benjamin, O., Silcock, P., Kieser, J. A., Waddell, J. N., Swain, M. V., & Everett, D. W. (2012). Development of a model mouth containing an artificial tongue to measure the release of volatile compounds. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 15, 96-103.

- Berardini, N., Knödler, M., Schieber, A., & Carle, R. (2005). Utilization of mango peels as a source of pectin and polyphenolics. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 6(4), 442-452.
- Biasioli, F., Gasperi, F., Yeretzi, C., & Märk, T. D. (2011). PTR-MS monitoring of VOCs and BVOCs in food science and technology. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 30(7), 968-977.
- Boland, A. B., Buhr, K., Giannouli, P., & van Ruth, S. M. (2004). Influence of gelatin, starch, pectin and artificial saliva on the release of 11 flavour compounds from model gel systems. *Food Chemistry*, 86(3), 401-411.
- Boland, A. B., Delahunty, C. M., & van Ruth, S. M. (2006). Influence of the texture of gelatin gels and pectin gels on strawberry flavour release and perception. *Food Chemistry*, 96(3), 452-460.
- Bonneau, A., Boulanger, R., Lebrun, M., Maraval, I., & Gunata, Z. (2016). Aroma compounds in fresh and dried mango fruit (*Mangifera indica* L. cv. Kent): impact of drying on volatile composition. *International Journal of Food Science and Technology*, 51(3), 789-800.
- Boonbumrung, S., Tamura, H., Mookdasanit, J., Nakamoto, H., Ishihara, M., Yoshizawa, T., & Varayanond, W. (2001). Characteristic Aroma Components of the Volatile Oil of Yellow Keaw Mango Fruits Determined by Limited Odor Unit Method. *Food Science and Technology Research*, 7(3), 200-206.
- Buettner, A. (2002a). Influence of Human Saliva on Odorant Concentrations. 2. Aldehydes, Alcohols, 3-Alkyl-2-methoxypyrazines, Methoxyphenols, and 3-Hydroxy-4,5-dimethyl-2(5H)-furanone. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(24), 7105-7110.
- Buettner, A. (2002b). Influence of Human Salivary Enzymes on Odorant Concentration Changes Occurring in Vivo. 1. Esters and Thiols. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(11), 3283-3289.
- Buettner, A., & Beauchamp, J. (2010). Chemical input – Sensory output: Diverse modes of physiology–flavour interaction. *Food Quality and Preference*, 21(8), 915-924.
- Buettner, A., & Schieberle, P. (2000a). Exhaled Odorant Measurement (EXOM) — A New Approach to Quantify the Degree of In-mouth Release of Food Aroma Compounds. *LWT - Food Science and Technology*, 33(8), 553-559.
- Buettner, A., & Schieberle, P. (2000b). Influence of mastication on the concentrations of aroma volatiles — some aspects of flavour release and flavour perception. *Food Chemistry*, 71(3), 347-354.
- Buettner, A., & Schieberle, P. (2001). Evaluation of aroma differences between hand-squeezed juices from Valencia late and Navel oranges by quantitation of key odorants and flavor reconstitution experiments. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(5), 2387-2394.
- Camps, C., & Christen, D. (2009). Non-destructive assessment of apricot fruit quality by portable visible-near infrared spectroscopy. *LWT-Food Science and Technology*, 42(6), 1125-1131.

- Cappellin, L., Biasioli, F., Fabris, A., Schuhfried, E., Soukoulis, C., Märk, T. D., & Gasperi, F. (2010). Improved mass accuracy in PTR-TOF-MS: Another step towards better compound identification in PTR-MS. *International Journal of Mass Spectrometry*, 290(1), 60-63.
- Castro-Vazquez, L., Diaz-Maroto, M. C., & Perez-Coello, M. S. (2006). Volatile composition and contribution to the aroma of spanish honeydew honeys. Identification of a new chemical marker. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(13), 4809-4813.
- Cosse, A. A., Todd, J. L., Millar, J. G., Martinez, L. A., & Baker, T. C. (1995). Electroantennographic and coupled gas chromatographic-electroantennographic responses of the mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata*, to male-produced volatiles and mango odor. *Journal of Chemical Ecology*, 21(11), 1823-1836.
- d'Acampora Zellner, B., Dugo, P., Dugo, G., & Mondello, L. (2008). Gas chromatography-olfactometry in food flavour analysis. *J Chromatogr A*, 1186(1-2), 123-143.
- Delahunty, C. M., Eyres, G., & Dufour, J.-P. (2006). Gas chromatography-olfactometry. *Journal of Separation Science*, 29(14), 2107-2125.
- Delahunty, C. M., Piggott, J. R., Conner, J. M., & Paterson, A. (1996). Comparison of dynamic flavour release from hard cheeses and analysis of headspace volatiles from the mouth with flavour perception during consumption. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 71(3), 273-281.
- Delwiche, J. (2004). The impact of perceptual interactions on perceived flavor. *Food Quality and Preference*, 15(2), 137-146.
- Dick, E., N'DaAdopo, A., Camara, B., & Moudioh, E. (2009). Influence of maturity stage of mango at harvest on its ripening quality. *Fruits*, 64(1), 13-18.
- Djordjevic, J., Zatorre, R. J., & Jones-Gotman, M. (2004). Effects of perceived and imagined odors on taste detection. *Chemical Senses*, 29(3), 199-208.
- Doyennette, M., Déléris, I., Saint-Eve, A., Gasiglia, A., Souchon, I., & Trelea, I. C. (2011). The dynamics of aroma compound transfer properties in cheeses during simulated eating conditions. *Food Research International*, 44(10), 3174-3181.
- Drago, S. R., Panouillé, M., Saint-Eve, A., Neyraud, E., Feron, G., & Souchon, I. (2011). Relationships between saliva and food bolus properties from model dairy products. *Food Hydrocolloids*, 25(4), 659-667.
- Du, X., Finn, C. E., & Qian, M. C. (2010). Volatile composition and odour-activity value of thornless 'Black Diamond' and 'Marion' blackberries. *Food Chemistry*, 119(3), 1127-1134.
- Dubey, V. S., Bhalla, R., & Luthra, R. (2003). An overview of the non-mevalonate pathway for terpenoid biosynthesis in plants. *Journal of Biosciences*, 28(5), 637-646.
- El-Nemr, S. E., Ismail, I. A., & Askar, A. (1988). Aroma changes in mango juice during processing and storage. *Food Chemistry*, 30(4), 269-275.
- Engel, W., Bahr, W., & Schieberle, P. (1999). Solvent assisted flavour evaporation - a new and versatile technique for the careful and direct isolation of aroma compounds from complex food matrices. *European Food Research and Technology*, 209(3-4), 237-241.

- Engelen, L., de Wijk, R. A., Prinz, J. F., van der Bilt, A., & Bosman, F. (2003). The relation between saliva flow after different stimulations and the perception of flavor and texture attributes in custard desserts. *Physiology & Behavior*, 78(1), 165-169.
- Feron, G., Ayed, C., Qannari, E. M., Courcoux, P., Laboure, H., & Guichard, E. (2014). Understanding aroma release from model cheeses by a statistical multiblock approach on oral processing. *PloS one*, 9(4), e93113.
- Ferreira, V., López, R., & Cacho, J. F. (2000). Quantitative determination of the odorants of young red wines from different grape varieties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80(11), 1659-1667.
- Flavornet (2004). <http://www.flavornet.org/flavornet.html>, Accessed August 2016.
- Fleischmann, P., Watanabe, N., & Winterhalter, P. (2003). Enzymatic carotenoid cleavage in star fruit (*Averrhoa carambola*). *Phytochemistry*, 63(2), 131-137.
- Frank, D., Appelqvist, I., Piyasiri, U., Wooster, T. J., & Delahunty, C. (2011). Proton transfer reaction mass spectrometry and time intensity perceptual measurement of flavor release from lipid emulsions using trained human subjects. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(9), 4891-4903.
- Frank, D., Eyres, G. T., Piyasiri, U., & Delahunty, C. M. (2012). Effect of food matrix structure and composition on aroma release during oral processing using in vivo monitoring. *Flavour and Fragrance Journal*, 27(6), 433-444.
- Friel, E. N., Wang, M., Taylor, A. J., & Macrae, E. A. (2007). In vitro and in vivo release of aroma compounds from yellow-fleshed kiwifruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(16), 6664-6673.
- Genovese, A., Piombino, P., Gambuti, A., & Moio, L. (2009). Simulation of retronasal aroma of white and red wine in a model mouth system. Investigating the influence of saliva on volatile compound concentrations. *Food Chemistry*, 114(1), 100-107.
- Gierczynski, I., Laboure, H., & Guichard, E. (2008). In vivo aroma release of milk gels of different hardnesses: Inter-individual differences and their consequences on aroma perception. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(5), 1697-1703.
- Gierczynski, I., Labouré, H., Sémon, E., & Guichard, E. (2007). Impact of hardness of model fresh cheese on aroma release: in vivo and in vitro study. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(8), 3066-3073.
- Goubet, I., Le Quere, J.-L., & Voilley, A. (1998). Retention of aroma compounds by carbohydrates: influence of their physicochemical characteristics and of their physical state. A review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(5), 1981-1990.
- Greger, V., & Schieberle, P. (2007). Characterization of the key aroma compounds in apricots (*Prunus armeniaca*) by application of the molecular sensory science concept. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(13), 5221-5228.
- Guichard, E. (2002). Interactions between flavor compounds and food ingredients and their influence on flavor perception. *Food Reviews International*, 18(1), 49-70.
- Hansson, A., Andersson, J., & Leufven, A. (2001). The effect of sugars and pectin on flavour release from a soft drink-related model system. *Food Chemistry*, 72(3), 363-368.

- Hansson, A., Giannouli, P., & van Ruth, S. (2003). The influence of gel strength on aroma release from pectin gels in a model mouth and in vivo, monitored with proton-transfer-reaction mass spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(16), 4732-4740.
- Harker, F. R., Marsh, K. B., Young, H., Murray, S. H., Gunson, F. A., & Walker, S. B. (2002). Sensory interpretation of instrumental measurements 2: sweet and acid taste of apple fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 24(3), 241-250.
- Heenan, S., Soukoulis, C., Silcock, P., Fabris, A., Aprea, E., Cappellin, L., Märk, T. D., Gasperi, F., & Biasioli, F. (2012). PTR-TOF-MS monitoring of in vitro and in vivo flavour release in cereal bars with varying sugar composition. *Food Chemistry*, 131(2), 477-484.
- Ibáñez, E., López-Sebastián, S., Ramos, E., Tabera, J., & Reglero, G. (1998). Analysis of volatile fruit components by headspace solid-phase microextraction. *Food Chemistry*, 63(2), 281-286.
- Ignacio, S. S. A., Santiesteban Hernández; German, Velásquez Valdez; Leopoldo, Cruz López. (2007). Volatiles of Mango var. Ataulfo Characterized by SPME and Capillary GC/MS Spectroscopy. *Journal of the Mexican Chemical Society*.
- Imbert, E., Loeillet, D., Dawson, C., Gerbaud, P., Paqui, T., & Bright, R. (Mars 2014). En direct des marchés. *FruitTrop*. vol. 221, pp 23-62.
- Ingham, K. E., Linforth, R. S., & Taylor, A. J. (1995). The effect of eating on aroma release from mint-flavoured sweets. *Flavour and Fragrance Journal*, 10(1), 15-24.
- Ito, H., & Sugiyama, J. (2000). Nondestructive harvest time decision of melons by a portable firmness tester. In *II Balkan Symposium on Vegetables and Potatoes 579*, (pp. 367-371).
- Jarimopas, B., & Kitthawee, U. (2007). Firmness properties of mangoes. *International Journal of Food Properties*, 10(4), 899-909.
- Jha, S. K., Sethi, S., Srivastav, M., Dubey, A. K., Sharma, R. R., Samuel, D. V. K., & Singh, A. K. (2010). Firmness characteristics of mango hybrids under ambient storage. *Journal of Food Engineering*, 97(2), 208-212.
- Jha, S. N., Chopra, S., & Kingsly, A. R. P. (2007). Modeling of color values for nondestructive evaluation of maturity of mango. *Journal of Food Engineering*, 78(1), 22-26.
- Jha, S. N., Jaiswal, P., Narsaiah, K., Gupta, M., Bhardwaj, R., & Singh, A. K. (2012). Non-destructive prediction of sweetness of intact mango using near infrared spectroscopy. *Scientia Horticulturae*, 138, 171-175.
- Jha, S. N., Kingsly, A. R. P., & Chopra, S. (2006). Non-destructive Determination of Firmness and Yellowness of Mango during Growth and Storage using Visual Spectroscopy. *Biosystems Engineering*, 94(3), 397-402.
- Jha, S. N., Narsaiah, K., Jaiswal, P., Bhardwaj, R., Gupta, M., Kumar, R., & Sharma, R. (2014). Nondestructive prediction of maturity of mango using near infrared spectroscopy. *Journal of Food Engineering*, 124, 152-157.
- Joas, J., Vulcain, E., Desvignes, C., Morales, E., & Lechaudel, M. (2012). Physiological age at harvest regulates the variability in postharvest ripening, sensory and nutritional

- characteristics of mango (*Mangifera indica* L.) cv. Cogshall due to growing conditions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(6), 1282-1290.
- Junwei, Z., Kye-Chung, P., & Thomas C., B. (2003). Identification of Odors from Overripe Mango That Attract Vinegar Flies, *Drosophila melanogaster*. *Journal of Chemical Ecology*, 29(4), 899-909.
- Kanasawud, P., & Crouzet, J. C. (1990). Mechanism of formation of volatile compounds by thermal degradation of carotenoids in aqueous medium. 1. β -Carotene degradation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 38(1), 237-243.
- Keenan, D. F., Brunton, N. P., Mitchell, M., Gormley, R., & Butler, F. (2012). Flavour profiling of fresh and processed fruit smoothies by instrumental and sensory analysis. *Food Research International*, 45(1), 17-25.
- Kittiphoom, S. (2012). Utilization of mango seed. *International Food Research Journal*, 19(4), 1325-1335.
- Kopjar, M., Andriot, I., Saint-Eve, A., Souchon, I., & Guichard, E. (2010). Retention of aroma compounds: an interlaboratory study on the effect of the composition of food matrices on thermodynamic parameters in comparison with water. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(8), 1285-1292.
- Krautwurst, D., Yau, K.-W., & Reed, R. R. (1998). Identification of Ligands for Olfactory Receptors by Functional Expression of a Receptor Library. *Cell*, 95(7), 917-926.
- Kulkarni, R. S., Chidley, H. G., Pujari, K. H., Giri, A. P., & Gupta, V. S. (2012). Geographic variation in the flavour volatiles of Alphonso mango. *Food Chemistry*, 130(1), 58-66.
- Lalel, H. J. D., Singh, Z., & Tan, S. C. (2003a). Aroma volatiles production during fruit ripening of 'Kensington Pride' mango. *Postharvest Biology and Technology*, 27(3), 323-336.
- Lalel, H. J. D., Singh, Z., & Tan, S. C. (2003b). Distribution of aroma volatile compounds in different parts of mango fruit. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 78(2), 131-138
- Lalel, H. J. D., Singh, Z., & Tan, S. C. (2003c). Glycosidically-bound aroma volatile compounds in the skin and pulp of 'Kensington Pride' mango fruit at different stages of maturity. *Postharvest Biology and Technology*, 29(2), 205-218.
- Lauverjat, C., Déléris, I., Trélea, I. C., Salles, C., & Souchon, I. (2009). Salt and aroma compound release in model cheeses in relation to their mobility. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(21), 9878-9887.
- Lawrence, G., Salles, C., Septier, C., Busch, J., & Thomas-Danguin, T. (2009). Odour–taste interactions: A way to enhance saltiness in low-salt content solutions. *Food Quality and Preference*, 20(3), 241-248.
- Lebrun, M., Plotto, A., Goodner, K., Ducamp, M.-N., & Baldwin, E. (2008). Discrimination of mango fruit maturity by volatiles using the electronic nose and gas chromatography. *Postharvest Biology and Technology*, 48(1), 122-131.
- Ledeker, C. N., Chambers, D. H., Chambers, E. t., & Adhikari, K. (2012). Changes in the sensory characteristics of mango cultivars during the production of mango puree and sorbet. *Journal of Food Science*, 77(10), S348-355.

- Ledeker, C. N., Suwonsichon, S., Chambers, D. H., & Adhikari, K. (2014). Comparison of sensory attributes in fresh mangoes and heat-treated mango purées prepared from Thai cultivars. *LWT - Food Science and Technology*, 56(1), 138-144.
- Leffingwell & Associates (2008). <http://www.leffingwell.com/odorthre.htm>, Accessed August 2016.
- Li, J. X., Schieberle, P., & Steinhaus, M. (2012). Characterization of the major odor-active compounds in Thai durian (*Durio zibethinus* L. 'Monthong') by aroma extract dilution analysis and headspace gas chromatography-olfactometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(45), 11253-11262.
- Linforth, R. S. T., & Taylor, A. J. (1993). Measurement of volatile release in the mouth. *Food Chemistry*, 48(2), 115-120.
- Litz, R. E. (2009). Fruit Processing, *The mango, Botany, Production and Uses, 2nd Edition*. CABI Publishing. pp 628-640.
- Liu, F., Grauwet, T., Kebede, B. T., Van Loey, A., Liao, X., & Hendrickx, M. (2014). Comparing the Effects of High Hydrostatic Pressure and Thermal Processing on Blanched and Unblanched Mango (*Mangifera indica* L.) Nectar: Using Headspace Fingerprinting as an Untargeted Approach. *Food and Bioprocess Technology*, 7(10), 3000-3011.
- Lubbers, S., & Guichard, E. (2003). The effects of sugars and pectin on flavour release from a fruit pastille model system. *Food Chemistry*, 81(2), 269-273.
- MacLeod, A. J., & de Troconis, N. G. (1982). Volatile flavour components of mango fruit. *Phytochemistry*, 21(10), 2523-2526.
- MacLeod, A. J., & Snyder, C. H. (1985). Volatile components of two cultivars of mango from Florida. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 33(3), 380-384.
- Majcher, M., & Jeleń, H. H. (2009). Comparison of suitability of SPME, SAFE and SDE methods for isolation of flavor compounds from extruded potato snacks. *Journal of Food Composition and Analysis*, 22(6), 606-612.
- Malundo, T. M. M., Baldwill, E. A., Ware, G. O., & Shewfelt, R. L. (1996). Volatile composition and interaction influence flavor properties of mango (*Mangifera indica* L.). In *Proceedings-Florida State Horticultural Society*, vol. 109 (pp. 264-268): Florida State Horticultural Society.
- Malundo, T. M. M., Shewfelt, R. L., & Ware, G. O. (2001). An alternative method for relating consumer and descriptive data used to identify critical flavor properties of mango (*Mangifera Indica* L.). *Journal of sensory studies*, 16(2), 199-214.
- Malundo, T. M. M., Shewfelt, R. L., Ware, G. O., & Baldwin, E. A. (2001). Sugars and Acids Influence Flavor Properties of Mango (*Mangifera indica*). *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 126(1), 115-121.
- Marsh, K. B., Friel, E. N., Gunson, A., Lund, C., & MacRae, E. (2005). Perception of flavour in standardised fruit pulps with additions of acids or sugars. *Food Quality and Preference*, 17(5), 376-386.
- Masibo, M., & He, Q. (2009). Mango Bioactive Compounds and Related Nutraceutical Properties - A Review. *Food Reviews International*, 25(4), 346-370.

- Materić, D., Lanza, M., Sulzer, P., Herbig, J., Bruhn, D., Turner, C., Mason, N., & Gauci, V. (2015). Monoterpene separation by coupling proton transfer reaction time-of-flight mass spectrometry with fastGC. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 407(25), 7757-7763.
- Mayr, C. M., Parker, M., Baldock, G. A., Black, C. A., Pardon, K. H., Williamson, P. O., Herderich, M. J., & Francis, I. L. (2014). Determination of the importance of in-mouth release of volatile phenol glycoconjugates to the flavor of smoke-tainted wines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(11), 2327-2336.
- Mehinagic, E., Prost, C., & Demaimay, M. (2004). Optimization of extraction of apple aroma by dynamic headspace and influence of saliva on extraction of volatiles. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(16), 5175-5182.
- Menezes Filho, A., dos Santos, F. N., & Pereira, P. A. (2010). Development, validation and application of a methodology based on solid-phase micro extraction followed by gas chromatography coupled to mass spectrometry (SPME/GC-MS) for the determination of pesticide residues in mangoes. *Talanta*, 81(1-2), 346-354.
- Miekisch, W., Schubert, J. K., & Noeldge-Schomburg, G. F. E. (2004). Diagnostic potential of breath analysis - focus on volatile organic compounds. *Clinica Chimica Acta*, 347(1-2), 25-39.
- Mitropoulou, A., Hatzidimitriou, E., & Paraskevopoulou, A. (2011). Aroma release of a model wine solution as influenced by the presence of non-volatile components. Effect of commercial tannin extracts, polysaccharides and artificial saliva. *Food Research International*, 44(5), 1561-1570.
- Munafó, J. P., Jr., Didzbalis, J., Schnell, R. J., Schieberle, P., & Steinhaus, M. (2014). Characterization of the major aroma-active compounds in mango (*Mangifera indica* L.) cultivars Haden, White Alfonso, Praya Sowoy, Royal Special, and Malindi by application of a comparative aroma extract dilution analysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(20), 4544-4551.
- Munafó, J. P., Jr., Didzbalis, J., Schnell, R. J., & Steinhaus, M. (2016). Insights into the Key Aroma Compounds in Mango (*Mangifera indica* L. 'Haden') Fruits by Stable Isotope Dilution Quantitation and Aroma Simulation Experiments. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(21), 4312-4318.
- Muñoz-González, C., Feron, G., Guichard, E., Rodríguez-Bencomo, J. J., Martín-Alvarez, P. J., Moreno-Arribas, M. V., & Pozo-Bayón, M. A. n. (2014). Understanding the role of saliva in aroma release from wine by using static and dynamic headspace conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(33), 8274-8288.
- Munoz-Gonzalez, C., Martin-Alvarez, P. J., Moreno-Arribas, M. V., & Pozo-Bayon, M. A. (2014a). Impact of the nonvolatile wine matrix composition on the in vivo aroma release from wines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(1), 66-73.
- Munoz-Gonzalez, C., Martin-Alvarez, P. J., Moreno-Arribas, M. V., & Pozo-Bayon, M. A. (2014b). Impact of the nonvolatile wine matrix composition on the in vivo aroma release from wines. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 62(1), 66-73.
- Muñoz-González, C., Rodríguez-Bencomo, J. J., Moreno-Arribas, M. V., & Pozo-Bayón, M. Á. (2014). Feasibility and application of a retronasal aroma-trapping device to study

- in vivo aroma release during the consumption of model wine-derived beverages. *Food Science & Nutrition*, 2(4), 361-370.
- Muñoz-González, C., Sémon, E., Martín-Álvarez, P. J., Guichard, E., Moreno-Arribas, M. V., Feron, G., & Pozo-Bayón, M. Á. (2015). Wine matrix composition affects temporal aroma release as measured by proton transfer reaction - time-of-flight - mass spectrometry. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 21(3), 367-375.
- Murat, C., Bard, M.-H., Dhalleine, C., & Cayot, N. (2013). Characterisation of odour active compounds along extraction process from pea flour to pea protein extract. *Food Research International*, 53(1), 31-41.
- Naef, R., Velluz, A., & Jaquier, A. (2005). The perfume of carabao mangoes (*Mangifera indica* L.). *European Food Research and Technology*, 222(5-6), 554-558.
- Nielsen, S. (2014). Food analysis, *Springer Science & Business Media*. pp
- Ning, L., Fu-ping, Z., Hai-tao, C., Si-yuan, L., Chen, G., Zhen-yang, S., & Bao-guo, S. (2011). Identification of volatile components in Chinese Sinkiang fermented camel milk using SAFE, SDE, and HS-SPME-GC/MS. *Food Chemistry*, 129(3), 1242-1252.
- NIST, National Institute of Standards and Technology (2011). <http://webbook.nist.gov/>, Accessed August 2016.
- Olle, D., Baron, A., Lozano, Y. F., Sznaper, C., Baumes, R., Bayonove, C., & Brillouet, J. M. (1997). Microfiltration and Reverse Osmosis Affect Recovery of Mango Puree Flavor Compounds. *Journal of Food Science*, 62(6), 1116-1119.
- Olle, D., Baumes, R. L., Bayonove, C. L., Lozano, Y. F., Sznaper, C., & Brillouet, D. M. (1998). Comparison of Free and Glycosidically Linked Volatile Components from Polyembryonic and Monoembryonic Mango (*Mangifera indica* L.) Cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(3), 1094-1100.
- Pandit, S. S., Chidley, H. G., Kulkarni, R. S., Pujari, K. H., Giri, A. P., & Gupta, V. S. (2009). Cultivar relationships in mango based on fruit volatile profiles. *Food Chemistry*, 114(1), 363-372.
- Pandit, S. S., Kulkarni, R. S., Chidley, H. G., Giri, A. P., Pujari, K. H., Köllner, T. G., Degenhardt, J., Gershenzon, J., & Gupta, V. S. (2009). Changes in volatile composition during fruit development and ripening of 'Alphonso' mango. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89(12), 2071-2081.
- Paravisini, L., Gourrat-Pernin, K., Gouttefangeas, C., Moretton, C., Nigay, H., Dacremont, C., & Guichard, E. (2012). Identification of compounds responsible for the odorant properties of aromatic caramel. *Flavour and Fragrance Journal*, 27(6), 424-432.
- Parker, M., Osidacz, P., Baldock, G. A., Hayasaka, Y., Black, C. A., Pardon, K. H., Jeffery, D. W., Geue, J. P., Herderich, M. J., & Francis, I. L. (2012). Contribution of several volatile phenols and their glycoconjugates to smoke-related sensory properties of red wine. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(10), 2629-2637.
- Paull, R. E., & Duarte, O. (2011). Mango, *Tropical Fruits, Volume 1*. CAB International. pp 252-290.
- Pech, J.-C., Purgatto, E., Bouzayen, M., & Latché, A. (2012). Ethylene and fruit ripening, *Annual Plant Reviews : The Plant Hormone Ethylene*. M. T. McManus, Wiley-Blackwell. pp 275-304.

- Phakawatmongkol, W., Ketsa, S., & Doorn, W. G. v. (2004). Variation in fruit chilling injury among mango cultivars. *Postharvest Biology and Technology*, 32(1), 115-118.
- Pherobase (2014). <http://www.pherobase.com/database/compound/compounds-index.php>, Accessed August 2016.
- Phillips, M., Herrera, J., Krishnan, S., Zain, M., Greenberg, J., & Cataneo, R. N. (1999). Variation in volatile organic compounds in the breath of normal humans. *Journal of Chromatography B: Biomedical Sciences and Applications*, 729(1–2), 75-88.
- Pino, J. A. (2012). Odour-active compounds in mango (*Mangifera indica* L. cv. Corazón). *International Journal of Food Science and Technology*, 47(9), 1944-1950.
- Pino, J. A., & Mesa, J. (2006). Contribution of volatile compounds to mango (*Mangifera indica* L.) aroma. *Flavour and Fragrance Journal*, 21(2), 207-213.
- Pino, J. A., Mesa, J., Munoz, Y., Marti, M. P., & Marbot, R. (2005). Volatile components from mango (*Mangifera indica* L.) cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(6), 2213-2223.
- Pionnier, E. (2003). *Libération et perception des composés de la flaveur au cours de la mastication d'une base fromagère*. Food Science Thesis. Ecole Nationale Supérieure de Biologie Appliquée à la Nutrition et à l'Alimentation, Bourgogne University.
- Pionnier, E., Chabanet, C., Mioche, L., Le Quere, J. L., & Salles, C. (2004). 1. In vivo aroma release during eating of a model cheese: relationships with oral parameters. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(3), 557-564.
- Pionnier, E., Sémon, E., Chabanet, C., & Salles, C. (2005). Évaluation de la technique de microextraction sur phase solide (SPME) pour l'analyse de l'air humain exhalé pendant la consommation d'aliments. *Sciences des Aliments*, 25(3), 193-206.
- Poinot, P., Arvisenet, G., Ledauphin, J., Gaillard, J.-L., & Prost, C. (2013). How can aroma-related cross-modal interactions be analysed? A review of current methodologies. *Food Quality and Preference*, 28(1), 304-316.
- Poinot, P., Arvisenet, G., Texier, F., Lethuaut, L., Mehinagic, E., Vigneau, E., & Prost, C. (2011). Use of sense masking to study sensory modalities singly: Interest for the understanding of apple in-mouth perception. *Food Quality and Preference*, 22(6), 573-580.
- Pott, I., Neidhart, S., Mühlbauer, W., & Carle, R. (2005). Quality improvement of non-sulphited mango slices by drying at high temperatures. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 6(4), 412-419.
- Rabe, S., Krings, U., Banavara, D. S., & Berger, R. G. (2002). Computerized apparatus for measuring dynamic flavor release from liquid food matrices. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(22), 6440-6447.
- Romano, A., Fischer, L., Herbig, J., Campbell-Sills, H., Coulon, J., Lucas, P., Cappellin, L., & Biasioli, F. (2014). Wine analysis by FastGC proton-transfer reaction-time-of-flight-mass spectrometry. *International Journal of Mass Spectrometry*, 369, 81-86.
- Sakho, M., Chassagne, D., & Crouzet, J. (1997). African Mango Glycosidically Bound Volatile Compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45(3), 883-888.

- Salles, C., Tarrega, A., Mielle, P., Maratray, J., Gorria, P., Liaboeuf, J., & Liodenot, J. J. (2007). Development of a chewing simulator for food breakdown and the analysis of in vitro flavor compound release in a mouth environment. *Journal of Food Engineering*, 82(2), 189-198.
- Sanchez, J. M., & Sacks, R. D. (2006). Development of a multibed sorption trap, comprehensive two-dimensional gas chromatography, and time-of-flight mass spectrometry system for the analysis of volatile organic compounds in human breath. *Analytical chemistry*, 78(9), 3046-3054.
- Sanz, G., Schlegel, C., Pernollet, J.-C., & Briand, L. (2005). Comparison of odorant specificity of two human olfactory receptors from different phylogenetic classes and evidence for antagonism. *Chemical Senses*, 30(1), 69-80.
- Sarry, J.-E., & Günata, Z. (2004). Plant and microbial glycoside hydrolases: volatile release from glycosidic aroma precursors. *Food Chemistry*, 87(4), 509-521.
- Savary, G., Guichard, E., Doublier, J. L., Cayot, N., & Moreau, C. (2006). Influence of ingredients on the self-diffusion of aroma compounds in a model fruit preparation: an nuclear magnetic resonance-diffusion-ordered spectroscopy investigation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(3), 665-671.
- Savary, G., Lafarge, C., Doublier, J.-L., & Cayot, N. (2007). Distribution of aroma in a starch-polysaccharide composite gel. *Food Research International*, 40(6), 709-716.
- Schmilovitch, Z. e., Mizrach, A., Hoffman, A., Egozi, H., & Fuchs, Y. (2000). Determination of mango physiological indices by near-infrared spectrometry. *Postharvest Biology and Technology*, 19(3), 245-252.
- Shang, C., Deng, C., Zhang, X., Chen, Z., & Hu, Y. (2002). Headspace solid-phase microextraction and gas chromatography-mass spectrometry analysis of free volatile compounds in Mango. *Chromatographia*, 55(11-12), 737-741.
- Shankar, M. U., Levitan, C. A., & Spence, C. (2010). Grape expectations: The role of cognitive influences in color-flavor interactions. *Consciousness and Cognition*, 19(1), 380-390.
- Sharma, M., Kadam, D. M., Chadha, S., Wilson, R. A., & Gupta, R. K. (2013). Influence of particle size on physical and sensory attributes of mango pulp powder. *International Agrophysics*, 27(3).
- Starkenmann, C., Le Calvé, B., Niclass, Y., Cayeux, I., Beccucci, S., & Troccaz, M. (2008). Olfactory Perception of Cysteine-S-Conjugates from Fruits and Vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(20), 9575-9580.
- Suwonsichon, S., Chambers Iv, E., Kongpensook, V., & Oupadissakoon, C. (2012). Sensory Lexicon for Mango as Affected by Cultivars and Stages of Ripeness. *Journal of sensory studies*, 27(3), 148-160.
- Tamura, H., Boonbumrung, S., Yoshizawa, T., & Varanyanond, W. (2000). Volatile Components of the Essential Oils in the Pulp of Four Yellow Mangoes (*Mangifera indica* L.) in Thailand. *Food Science and Technology Research*, 6(1), 68-73.
- Tarrega, A., Yven, C., Sémon, E., & Salles, C. (2008). Aroma release and chewing activity during eating different model cheeses. *International Dairy Journal*, 18(8), 849-857.

- Tharanathan, R. N., Yashoda, H. M., & Prabha, T. N. (2006). Mango (*Mangifera indica* L.), “The King of Fruits”—An Overview. *Food Reviews International*, 22(2), 95-123.
- The LRI and Odour Database (2006). <http://www.odour.org.uk/index.html>, Accessed August 2016.
- Ting, V. J. L., Romano, A., Silcock, P., Bremer, P. J., Corollaro, M. L., Soukoulis, C., Cappellin, L., Gasperi, F., & Biasioli, F. (2015). Apple flavor: Linking sensory perception to volatile release and textural properties. *Journal of Sensory Studies*, 30(3), 195-210.
- Ting, V. J. L., Romano, A., Soukoulis, C., Silcock, P., Bremer, P. J., Cappellin, L., & Biasioli, F. (2016). Investigating the in-vitro and in-vivo flavour release from 21 fresh-cut apples. *Food Chemistry*, 212, 543-551.
- Ting, V. J. L., Soukoulis, C., Silcock, P., Cappellin, L., Romano, A., Aprea, E., Bremer, P. J., Mark, T. D., Gasperi, F., & Biasioli, F. (2012). In vitro and in vivo flavor release from intact and fresh-cut apple in relation with genetic, textural, and physicochemical parameters. *Journal of Food Science*, 77(11), C1226-1233.
- Torres, J. D., Chiralt, A., & Escriche, I. (2012). Development of volatile fraction of fresh cut osmotically treated mango during cold storage. *Food Chemistry*, 130(4), 921-927.
- Tournier, C., Sulmont-Rossé, C., & Guichard, E. (2007). Flavour perception: aroma, taste and texture interactions. *Food*, 1(2), 246-257.
- Valente, M., & Ferrandis, J. Y. (2003). Evaluation of textural properties of mango tissue by a near-field acoustic method. *Postharvest Biology and Technology*, 29(2), 219-228.
- Valente, M., Prades, A., & Laux, D. (2013). Potential use of physical measurements including ultrasound for a better mango fruit quality characterization. *Journal of Food Engineering*, 116(1), 57-64.
- Valente, M., Ribeyre, F., Self, G., Berthiot, L., & Assemat, S. (2011). Instrumental and sensory characterization of mango fruit texture. *Journal of Food Quality*, 34(6), 413-424.
- Valero, C., Crisosto, C. H., & Slaughter, D. (2007). Relationship between nondestructive firmness measurements and commercially important ripening fruit stages for peaches, nectarines and plums. *Postharvest Biology and Technology*, 44(3), 248-253.
- Van Ruth, S. M., Dings, L., Buhr, K., & Posthumus, M. A. (2004). In vitro and in vivo volatile flavour analysis of red kidney beans by proton transfer reaction–mass spectrometry. *Food Research International*, 37(8), 785-791.
- Van Ruth, S. M., Grossmann, I., Geary, M., & Delahunty, C. M. (2001). Interactions between artificial saliva and 20 aroma compounds in water and oil model systems. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(5), 2409-2413.
- Van Ruth, S. M., King, C., & Giannouli, P. (2002). Influence of lipid fraction, emulsifier fraction, and mean particle diameter of oil-in-water emulsions on the release of 20 aroma compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(8), 2365-2371.
- Van Ruth, S. M., O'Connor, C. H., & Delahunty, C. M. (2000). Relationships between temporal release of aroma compounds in a model mouth system and their physico-chemical characteristics. *Food Chemistry*, 71(3), 393-399.

- Van Ruth, S. M., & Roozen, J. P. (2000). Influence of mastication and saliva on aroma release in a model mouth system. *Food Chemistry*, 71(3), 339-345.
- Van Ruth, S. M., Roozen, J. P., & Cozijnsen, J. L. (1995). Changes in flavour release from rehydrated: Diced bell peppers (*Capsicum annuum*) by artificial saliva components in three mouth model systems. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 67(2), 189-196.
- Varelis, P., Zabarás, D., Watkins, P., Ceccato, C., Wijesundera, C., Frank, D., & O'Riordan, P. (2006). Deconstruction and recreation of 'hayward' volatile flavour using a trained sensory panel, olfactometry and a kiwifruit model matrix. In *VI International Symposium on Kiwifruit 753*, (pp. 107-119).
- Vodovotz, Y., Arteaga, G. E., & Nakai, S. (1993). Principal component similarity analysis for classification and its application to GC data of mango. *Food Research International*, 26(5), 355-363.
- Williams, P. J., Strauss, C. R., & Wilson, B. (1980). Hydroxylated linalool derivatives as precursors of volatile monoterpenes of Muscat grapes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 28(4), 766-771.
- Xavier, F. D., Cabrol-Bass. (2007). Analyse des arômes, *Technique d'analyse - Techniques de l'Ingénieur*. pp 1-22 (Réf.3233).
- Xu, Y., Fan, W., & Qian, M. C. (2007). Characterization of aroma compounds in apple cider using solvent-assisted flavor evaporation and headspace solid-phase microextraction. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(8), 3051-3057.
- Zardin, E., Tyapkova, O., Buettner, A., & Beauchamp, J. (2014). Performance assessment of proton-transfer-reaction time-of-flight mass spectrometry (PTR-TOF-MS) for analysis of isobaric compounds in food-flavour applications. *LWT - Food Science and Technology*, 56(1), 153-160.

Résumé

Les préférences et le comportement alimentaire des consommateurs sont en grande partie influencés par la composante aromatique des aliments. Notre perception aromatique (ou perception rétronasale) est étroitement liée à la libération *in vivo* des composés d'arôme lors de la consommation des aliments. Cette libération *in vivo* est elle-même influencée par un grand nombre de facteurs intrinsèques à l'aliment (nature et quantité des composés d'arôme, composants matriciels non-volatils, texture) ou bien liés à la physiologie orale des sujets (salivation, mastication, respiration, déglutition). L'objectif du travail entrepris est axé sur la compréhension de l'influence de la texture d'un fruit sur la libération *in vivo* et sur la perception aromatique des composés d'arôme, dans le cas d'un fruit frais ou transformé. Le fruit modèle utilisé pour cette étude est la mangue de par son potentiel aromatique et sa capacité à se décliner en différents produits. À partir d'un lot de mangues Kent homogène, 2 produits frais (purée fraîche et cubes frais) et 2 produits séchés (poudre séchée et cubes séchés) ont été élaborés pour disposer de paires de produits similaires d'un point de vue composition aromatique mais différents d'un point de vue texture. Dans un 1^{er} temps, le potentiel aromatique des produits de mangue a été déterminé par la technique SAFE/GC-MS (*Solvent assisted flavor evaporation/Gas Chromatography Mass Spectrometry*). Les produits présentent majoritairement des composés terpéniques suivis de lactones et d'alcools. Sur les 50 composés d'arôme identifiés, 20 composés d'arôme peuvent être considérés comme potentiellement impactant dans l'arôme des produits de mangue d'après leur concentration et leur seuil de perception. Dans un 2^{ème} temps, la libération *in vivo* des composés d'arôme des produits de mangue a été étudiée par RATD/GC-MS (*Retronasal Aroma-Trapping Device*) avec un panel de 8 sujets entraînés. Le protocole de dégustation a été imposé au moyen d'une animation visuelle limitant ainsi les variabilités physiologiques orales intra- et inter-individuelles. 21 composés d'arôme (17 monoterpènes, 3 sesquiterpènes et un ester) ont été significativement plus libérés en *in vivo* sur les produits structurés (cubes frais et séchés) que déstructurés (purée fraîche et poudre séchée). Les expériences *in vitro* menées en Purge and Trap, avec les produits de mangue en présence de la salive des panélistes, laissent penser que la salive humaine n'est pas intervenue dans la libération *in vivo* des composés d'arôme. Enfin, par analyse sensorielle, les cubes frais ont été notés significativement plus aromatiques (notes *mangue*, *épice*) que la purée fraîche, ce qui appuie les résultats obtenus en libération *in vivo* des composés d'arôme sur produits frais. En revanche, cette même relation en lien avec la texture du produit n'a pas été observée dans le cas des produits séchés, la poudre séchée ayant été notée significativement plus aromatique (notes *fruitée*, *épice*, *cuit*) que les cubes séchés.

Mots clés : Texture des fruits, composés d'arôme, libération *in vivo*, perception aromatique, RATD (Retronasal Aroma-Trapping Device), analyse sensorielle

Abstract

Flavour is one of the main factors affecting consumer's food preference. Our aromatic perception (or retronasal perception) is greatly linked to the *in vivo* release of aroma compounds during food consumption. This *in vivo* aroma release was itself influenced by the food matrix (nature and amount of aroma compounds, non-volatile compounds, texture, etc.) and the human oral physiology and oral processing (salivation, chewing, breathing, swallowing, etc.). The present study investigated the impact of fruit matrix texture on the *in vivo* release of aroma compounds and flavour perception. Mango was chosen as model fruit because of its richness in aroma compounds and its ability to process it into various products. From a homogenous mango fruit (cv. Kent) batch two fresh (fresh cubic pieces, fresh puree) and two dried (dried cubic pieces, dried powder) products were prepared to obtain pairwise samples similar on their aromatic composition but differing in their texture. In a first step, the aromatic profiles of mango samples were determined through the extraction of aroma compounds by solvent assisted flavor evaporation (SAFE) technique and gas chromatography and mass spectrometry (GC-MS) analysis. Aroma compounds from mango products were mainly terpenic compounds followed by alcohols and lactones. Among the 50 aroma compounds identified, 20 could be considered as potential key flavour compounds on the basis of their amount and odor threshold. In a second step, the *in vivo* aroma release during consumption of mango samples by 8 trained assessors was studied using a retronasal aroma-trapping device (RATD) followed by GC-MS analysis. A strict consumption protocol with a visual animation was submitted to the assessors to limit intra- and inter-individual oral variability. 21 aroma compounds (17 monoterpenes, 3 sesquiterpenes and 1 ester) were significantly released at higher levels from the intact samples (fresh and dried cubic pieces) than from the disintegrated samples (fresh puree, dried powder). Impact of saliva on the release of aroma compounds was found non-significant through the *in vitro* experiments conducted with Purge and Trap technique including mango samples and assessors' saliva. Finally in sensory analysis, the fresh cubic pieces were significantly rated more flavoured (*mango*, *spicy* attributes) than fresh puree in agreement with the *in vivo* aroma release results on the fresh products. In contrast, the same relationship was not observed regarding the texture of the samples for the dried products, i.e. dried powder was significantly rated more flavoured (*fruity*, *spicy*, *cooked* attributes) than intact dried pieces.

Keywords: Fruit Texture, aroma compounds, *in vivo* release, flavour perception, RATD (Retronasal Aroma-Trapping Device), sensory analysis.