

République Algérienne démocratique et populaire

Université Abdelhamid Ibn
Badis-Mostaganem
Faculté des Sciences de la
Nature et de la Vie



جامعة عبد الحميد بن باديس
مستغانم
كلية علوم الطبيعة و الحياة

DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

M^{lle} BELABDI Amira

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN AGRONOMIE

Spécialité BIOTECHNOLOGIE ALIMENTAIRE

THÈME

**L'effet de la durée de conservation sur les paramètres
physicochimiques et nutritionnels des jus de fruits
commercialisés**

Soutenu publiquement le : **04/07/2018**

Devant le Jury

Président	M. BOUZUINA.	MCA	U. Mostaganem
Encadreur	M.BENABDELMOUMENE.DJ	MCB	U. Mostaganem
Examineur	M. LABDAOUI.DJ	MCB	U. Mostaganem

*Thème réalisé au Laboratoire de recherche protection de culture de la faculté
SNVU.Mostaganem*

Année universitaire 2017 / 2018

Remerciement

La réalisation de ce mémoire à été possible grâce à mon dieu qui m'a fournit plusieurs personnes à qui je voudrais témoigner toute ma reconnaissance

*Je voudrais tout d'abord adresser toute ma gratitude au directeur de ce mémoire **M. BENABDELMOUMENE Djilali**, pour sa patience, sa disponibilité, son soutien et surtout ses judicieux conseils, qui m'ont dirigé et contribué à l'améliorer de ma réflexion.*

Je désire aussi remercier mes enseignants de parcours de Biotechnologie Alimentaire qui m'ont fournit les outils nécessaires à la réussite de mes études universitaire.

*Je voudrais exprimer ma reconnaissance envers mes amis qui m'ont apporté leur support moral et intellectuel tout au long de ma démarche, un grand merci au personnel du laboratoire de recherche protection de culture de la faculté SNV U. Mostaganem, **M. Bouzouina**, **M. Redouane**, et **M^{lle} .Rachida** pour tous les conseils concernant la base des données de ma pratique, et aussi à **M. Labdaoui** l'examineur de ce mémoire.*

Merci à tout qui participe de près ou loin à l'élaboration de ce travail.

Dédicace

Je dédie ce travail, comme preuve de respect, de gratitude, et de reconnaissance à dieu le tout miséricordieux. A : Ma chère famille, pour son affection, sa patience, et ses prières.

Mes meilleurs amis et chers enseignants de parcours de « Biotechnologie Alimentaire » pour leur aide, leur temps, leur encouragement, leur assistance et soutien. A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de mon mémoire.

Merci infiniment

Amira

Table des matières

Remerciement	
Dédicace	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction général	
CHAPITRE 01 : jus de fruits	03
1. Définition et réglementation	03
1.1 Jus de fruits	03
1.1 Jus de fruits obtenus à partir d'un concentré	03
1.2 Jus de fruits concentrés et déshydratés	04
1.3 Nectars de fruits	04
2. Ingrédients autorisés	05
3. Substances autorisées et seuils tolérés	05
4. Traitements autorisés	06
5. Utilisation des conservateurs chimiques	06
6. Standardisation	08
7. Classification	09
8. Composition nutritionnelle des jus de fruits	10
9. Changements de la composition chimique des jus.	11
CHAPITRE 02 : fabrication de jus de fruits	18
1. Fabrication de jus de fruits	18

1.1 Préparation des	18
1.2 Extraction des jus	19
1.3 Technologies d'aide au pressurage	21
1.4 Procédés de décontamination microbiologique	21
1.5 Conditionnement	23
2. Contrôle de la qualité	23
CHAPITRE 03 : Emballage et conditionnement	25
1. Emballages plastiques	25
2. Techniques de conditionnement	26
2. Interactions entre l'emballage et l'aliment	28
2.2 Définitions	28
2.3 Réglementation des emballages	29
2.4 Equations réagissant les phénomènes de perméation	30
3. Interactions des composés d'arôme avec les polymères plastiques	32
3.1 Influence de la nature du polymère	32
3.2 Influence des conditions de stockage	32
3.3 Affinité entre le polymère et les composés d'arôme	33
3.4 Effet de la sorption des composés d'arôme sur la perméabilité à l'oxygène de l'emballage	35
4. Le Bisphénol A	

4.1niveau d'exposition chez l'homme	36
5. Conséquences d'une exposition	37
CHAPITRE 04 : matériel et méthodes	
1. Objectif	39
2. Échantillonnage	39
3. Détermination de la teneur en matière sèche	41
4. Détermination de la teneur en matière organique	41
5. Détermination de la matière organique	41
7. Détermination de l'acidité	41
8. détermination du taux de Brix ou l'extrait sec	41
9. Détermination du taux de HMF	42
10. Dosage du Bisphenol A	44
CHAPITRE 04 : résultats et discussion	45
1. Matière sèche	45
2. Teneur en matière organique	46
3. Teneur en eau	47
4. pH	48
5. Acidité	49
6. Taux de Brix	50
7. Taux de HMF	51
8. Migration moyenne du bisphenol A dans les jus	52
CONCLUSION	53
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	
RESUME	

Liste des figures

Figure 1. Vente de jus de fruits par parfum en France en 2011.....	16
Figure 02. Schéma d'un procédé de remplissage aseptique à froid.....	27
Figure 03. Différents types d'interaction entre la matrice alimentaire et l'emballage plastique	28
Figure 05 : lecture du brix dans le réfractomètre	42
Figure 06 : teneur en matière sèche des différents jus.....	42
Figure 06 : réfractomètre	42
Figure 07 : la teneur en matière organique des différents jus.....	46
Figure 08 : la teneur en eau dans différents jus.....	47
Figure 09 : pH des différents jus.....	48
Figure 10 : l'acidité des différents jus.....	49
Figure 11 : Taux de Brix des différents Jus.....	50
Figure 12 : Taux de HMF des différents jus.....	51
Figure 13 : migration des Bisphenol.....	52

Liste des tableaux

Tableau 1 : conservateurs autorisés pour une utilisation dans les jus de fruits et les boissons aux fruits.....	07
Tableau 2 : normes limites de la teneur en métaux lourds dans les jus d'après les standards des différents pays.....	08
Tableau 03 : les échantillons de jus de fruits à analyser	39
Tableau 04 : préparation des échantillons et de la solution étalon.....	43
Tableau 05 : Teneur en matière sèche des différents jus.....	45
Tableau 06 : la teneur en matière organique des différents jus.....	46
Tableau 07 : la teneur en eau dans différents jus.....	47
Tableau 08 : pH des différents Jus.	48
Tableau 09 : l'acidité des différents jus.....	49
Tableau 10 : taux de Brix des différents Jus.....	50
Tableau 11 : taux de HMF des différents jus.....	51

CE : communauté européenne

g/kg : gramme/kilogramme

mg/kg : milligramme

AJR : Apport Journalière Recommandés

USDA: United States Department of Agriculture

pH : potentiel d'hydrogène

C° : Celsius

HMF : hydroxymethylfurfural

Mg/l : milligramme/ litre

ml : millilitre

ml/j : millilitre/jour

UNIJUS : Union Nationale Interprofessionnelle des jus de fruits

EvOH : alcoolvinlique

UV : Ultra-violet

ACTIS : (Amorphes Carbon Treatment on Internal Surface)

LMG : Limite de migration globale

LMS : Limite de migration spécifique

DJA : Dose journalière admissible

QM : Concentration maximale

QMA : concentration maximale par unité de Surface

LMG : Limite de migration globale

PET : Polyéthylène téréphtalate

PVC : Polychlorure de vinyle

PP : Polypropylène

PEN : Polyéthylène naphtalate

PNN : Polyacrylonitrile.

La valeur alimentaire des produits dépend en premier lieu de leur composition chimique. En conformité avec ces exigences, la garantie d'une normale activité de l'homme est possible en pourvoyant l'organisme d'une quantité nécessaire en substances nutritives_ protéines, graisses et glucides dans un rapport déterminé. **(Benamara et Agougou, 2003).**

A côté des produits alimentaires d'origine animale, les fruits et légumes jouent une grande importance dans l'alimentation humaine. Ils fournissent à l'organisme des substances de valeur tels que les glucides, les protéines, les graisses, les vitamines, les sels minéraux, les acides organique. On trouve également les pectines, les polyphénols, les substances aromatiques responsables des caractéristiques organoleptiques des produits végétaux. **(Benamara et Agougou, 2003).**

L'organisme humain peut subsister dans les conditions seulement d'un échange constant de substances nutritives et d'eau. L'échange de l'eau et avec lui les processus physiologique et biochimique ont une importance significative pour la vie humaine. Comme on sait, sans alimentation, l'Homme peut survivre plus d'un mois, et sans eau pas plus que quelques journées (10 jours). **(Benamara et Agougou, 2003).**

La consommation moyenne eau, pour un homme adulte est de 2 à 3 litres par 24 heures. Cette ration est couverte à environ 82% par repas et 18% par les boissons. Les jus des fruits, pourvoyant le besoin de l'organisme en eau, sont en même temps. Pour cette nécessité justement et pour assouvir la soif, les boissons doivent montrer une influence physiologique déterminée, laquelle dépend de leurs capacités rafraîchissantes, nutritionnelles, des leur action stimulante, leur goût et aromats harmonieux. Les jus de fruits satisfont dans une large mesure à ces conditions. Ils sont de ce fait considérés comme des boissons nutritives et représentant une bonne source d'eau. **(Benamara et Agougou, 2003).**

Les jus pulpeux renferment la majorité des substances nutritives contenues dans la matière première d'origine. Quelque sorte de fruits et légumes- et partant de leurs jus, pulpeux ou non- ont une signification non seulement alimentaire mais aussi curative. A cet égard, on prend le jus de fruits industriel comme un exemple

Le travail réalisé avait pour objectif de mettre en évidence l'effet de la durée de la conservation des jus de fruits industriels sur les paramètres physicochimiques et nutritionnels.

Afin de traiter le sujet et de répondre au problématique, un plan de recherche a été établi. Il consiste tout d'abord en trois échantillons de jus de fruits industriel à des dates DLC différentes ont été récupérés dans différents endroits de la wilaya de Mostaganem ainsi que dans les cités universitaires. Nous avons choisi pour cette étude un jus de fruit cocktail très consommé par le citoyen.

1. Définition et réglementation

Au terme du décret européen n°2003-838, les jus de fruits sont classés en trois catégories : jus de fruits, jus de fruits à base de concentré et nectar. En plus des mentions obligatoires qui doivent figurer sur toutes les denrées alimentaires, certaines mentions ou allégations qui volontaires peuvent être ajoutées sous réserve de respecter le règlement 2009/106/CE du décret n° 2003-838. Cependant, la norme générale Codex pour les jus et les nectars de fruits (**CODEX STAN 247-2005**) élargit et précise cette classification.

1.1 Jus de fruits

La norme générale codex (**CODEX STAN 247-2005**) définit le jus de fruits comme le liquide non fermenté, mais fermentescible, tiré de la partie comestible de fruits sains, parvenus au degré de maturation approprié et frais ou conservés dans des conditions saines conformément aux dispositions pertinentes de la commission de Codex alimentarius.

Certains jus peuvent être obtenus à partir de fruits comprenant des pépins, graines et peaux qui ne sont habituellement pas incorporés à retirer par des bonnes pratiques de fabrication soient acceptées.

Le jus est obtenu par des procédés adaptés qui conservent les caractéristiques physiques, chimiques, organoleptiques et nutritionnelles essentielles du fruit dont il provient.

Le jus peut être trouble ou clair et peut contenir des substances aromatiques et des composés volatils restitués, à condition qu'ils proviennent des mêmes espèces de fruits et soient obtenus par des moyens physiques adaptés. De la pulpe et des cellules obtenues par des moyens physiques adaptés à partir du même type de fruits peuvent être ajoutées. Un jus simple est obtenu à partir d'un seul type de fruits. Un jus mélangé est obtenu en mélangeant deux ou plusieurs jus et purées obtenus à partir de différents types de fruits.

1.1 Jus de fruits obtenus à partir d'un concentré

La norme générale codex (**CODEX STAN 247-2005**) définit le jus de fruits obtenu à partir d'un concentré comme le produit obtenu en remettant dans le jus de fruits concentré l'eau extraite du jus lors de la concentration, ainsi qu'en restituant les arômes et, le cas échéant, les pulpes et les cellules que le jus a perdues, mais qui ont été récupérées lors du processus de production du jus de fruits dont il s'agit ou de jus de fruits de la même espèce.

L'eau ajoutée doit présenter des caractéristiques appropriées, notamment du point de vue chimique, microbiologique et organoleptique, de façon à garantir les qualités essentielles du jus. Le produit ainsi obtenu doit présenter des caractéristiques organoleptiques et analytiques au moins équivalentes à celles d'un type moyen de jus obtenu à partir de fruits de la même espèce au sens du point 1.1

1.2 Jus de fruits concentrés et déshydratés

La norme générale codex (**CODEX STAN 247-2005**) définit le jus de fruits concentré comme le produit obtenu à partir de jus de fruits d'une ou plusieurs espèces par l'élimination physique d'une partie déterminée de l'eau de constitution. Lorsque le produit est destiné à la consommation directe, cette élimination est au moins de 50 %.

La norme générale codex (**CODEX STAN 247-2005**) définit le jus de fruits déshydraté comme le produit obtenu à partir de jus de fruits d'une ou plusieurs espèces par l'élimination physique de la quasi-totalité de l'eau de constitution.

1.3 Nectars de fruits

La norme générale codex (**CODEX STAN 247-2005**) définit le nectar de fruits comme :

a) le produit fermentescible, mais non fermenté, obtenu en ajoutant de l'eau et des sucres et/ou du miel aux produits définis aux points 1.1 ; 1.2 ; 1.3, à de la purée de fruits ou à un mélange de ces produits. L'addition de sucres et/ou de miel est autorisée dans une quantité non supérieure à 20 % en poids par rapport au poids total du produit fini.

Dans le cas de la fabrication des nectars de fruits sans addition de sucres ou à faible valeur énergétique, les sucres peuvent être remplacés totalement ou partiellement par des édulcorants, conformément à la directive 94/35/CE du Parlement européen et du Conseil du 30 juin 1994 concernant les édulcorants destinés à être employés dans les denrées alimentaires.

b) par dérogation au point a), les fruits comme la banane, papaye, goyave, grenade ainsi que l'abricot peuvent servir, individuellement ou en mélange, à la fabrication de nectars sans addition de sucres, de miel et/ou d'édulcorants.

Donc, les jus commercialisés les plus consommés appartiennent principalement de trois grandes catégories :

- Les purs jus de fruits
- Les jus à base de concentré

- Les nectars

La teneur en fruit des jus appartenant aux deux premières catégories est de 100 % contrairement aux nectars moins consommés et obtenus à partir de jus ou de purée (25 à 50 % selon les fruits) mélangés à de l'eau et du sucre (la quantité de sucre ajouté peut représenter jusqu'à 20 % du produit fini). Les jus de fruits sont obtenus par pression de fruits frais. Les jus à base de concentré utilisent comme matière première un jus de fruits pressé auquel environ 80 % de son eau d'origine a été retiré par évaporation. Après transport, le jus est reconstitué avec la même quantité d'eau que le jus d'origine.

En ce qui concerne les appellations, notons qu'en France les étiquetages comportent les mentions "purs jus" ou "100 % purs jus" alors que la réglementation appliquée depuis le 12 juillet 2004 ne reconnaît pas cette appellation. Cette dénomination apparaissait cependant dans l'ancienne réglementation et précisait alors qu'aucune addition n'était autorisée dans ce type de jus. Pour les jus à base de concentré, la mention "100 % teneur en fruits" est tolérée, car ces jus se distinguent des nectars dont la teneur en fruit est inférieure, mais contribue à entretenir la confusion avec les jus "100 % purs jus". (**CODEX STAN 247-2005**)

2. Ingrédients autorisés

L'addition de vitamines et de minéraux peut être autorisée au cours de la fabrication du jus de fruits sous réserve de la directive **90/466/CEE**. L'addition de sucres et citron est autorisée dans les jus de fruits selon des normes bien précises. Par exemple, pour corriger le goût acide d'un jus de fruits, la quantité de sucres ajoutée ne peut pas dépasser (en matière sèche) 15 g.L⁻¹ de jus ; à des fins d'édulcoration, la concentration en sucres ne doit pas excéder 150 g.L⁻¹. Le dioxyde de carbone en tant qu'ingrédient est autorisé. Autre exemple, l'acide ascorbique est un additif très utilisé dans la production de jus à cause de ses propriétés antioxydantes. Cette vitamine donne une valeur ajoutée et protège la couleur des jus.

3. Substances autorisées et seuils tolérés

La réglementation précise que :

- ✓ Le fruit ne conservera pas plus d'eau provenant des opérations de lavage, d'étuvage ou d'autres préparatifs qu'il n'est inévitable sur le plan technique.
- ✓ Les jus de fruits et les nectars de fruits doivent avoir la couleur, l'arôme et la saveur caractéristiques du jus de la variété de fruits à partir de laquelle ils sont obtenus.

- ✓ Le produit final doit être sain et propre à la consommation humaine, donc différents points de contrôle doivent avoir lieu avec des normes très encadrées au niveau des limites maximales fixées par la Commission du Codex Alimentarius des résidus de pesticides et autres contaminants. (**CODEX STAN 247-2005**)

4. Traitements autorisés

Les procédés mécaniques d'extraction, les procédés physiques (tel que le chauffage microonde) et les procédés d'extraction à l'eau sont autorisés pour la fabrication des jus de fruits.

L'ajout d'enzymes pectolytiques, protéolytiques, d'hémicellulases ou enzymes, amylolytiques est autorisé dans le but de faciliter le procédé d'extraction. L'utilisation des enzymes cellulolytiques (cellulases) n'est pas autorisée dans la réglementation européenne (**2009/106/CE, 2009**) ce qui proscrit de fait les jus obtenus par liquéfaction.

Des adjuvants inertes de filtration, de précipitation et d'adsorption sont également tolérés en respect avec les directives communautaires concernant les matériaux destinés à entrer en contact avec les denrées alimentaires.

5. Utilisation des conservateurs chimiques

Comme son nom l'indique, un jus de fruits pur se compose uniquement du jus extrait des fruits, et ne doit donc contenir aucun conservateur ni aucun autre ingrédient (comme le sucre) ajouté. Les boissons aux fruits qui ne sont pas consommées en une seule fois peuvent contenir des conservateurs à ajouter, dans le but de prolonger la durée de conservation, une fois qu'ils ont été ouverts.

Il existe différentes sortes de conservateurs chimiques qui peuvent être ajoutés au jus de fruits. Les producteurs doivent prendre contact avec les autorités locales ou les organismes des normes pour obtenir les taux maximums autorisés. (**Benamara et Agougou, 2003**).

Tableau1 : conservateurs autorisés pour une utilisation dans les jus de fruits et les boissons aux fruits.

Composé	Observation	Taux généralement utilisés
Sulfites et de dioxydes de soufre	Le gaz de dioxyde de soufre et les sels de sulfite, bisulfite ou métabisulfite de sodium ou de potassium sont les formes les plus couramment utilisées. L'acide sulfurique inhibe les levures, les champignons et les bactéries. Le dioxyde de soufre est généralement utilisé pour conserver la couleur des fruits pendant le séchage.	0.005-0.2 %
Acide ascorbique	L'acide ascorbique et le sorbate de potassium sont généralement utilisés pour inhiber la prolifération des champignons et de levures. L'action de l'acide ascorbique augmente lorsque le pH diminue. L'acide ascorbique et ses sels sont pratiquement inodores et sans saveur dans les aliments lorsqu'ils sont utilisés à des taux inférieurs à 0,3 %.	0.05-0.2 %
Acide Benzoïque	L'acide benzoïque, sous la forme de benzoate de sodium, est un conservateur couramment utilisé. Il est naturellement présent dans les canneberges, la cannelle et les clous de girofle, et il est bien adapté pour des utilisations dans des aliments acides. Il est souvent utilisé en association avec de l'acide ascorbique, à des taux de 0.05-0.1 % du poids.	0.03-0.2 %
Acide Citrique	L'acide citrique et le principal acide naturellement présent dans les agrumes. Il est largement utilisé dans les boissons gazeuses, mais aussi comme acidifiant dans les aliments. C'est un des agents antimicrobiens les moins efficaces parmi les autres acides.	Non limité

6. Standardisation

L'import-export toujours croissant des jus et le développement intensif de la production de ce produit suscite la nécessité de créer une standardisation des jus. Actuellement, sont mises en œuvre des normes internationales pour les jus de pomme, d'orange et les nectars d'abricots, de pêches et de poires (**tableau 2**). Le paramètre physico-chimique essentiel du jus reste sa teneur en matière sèche. (**Benamara et Agougou, 2003**).

Tableau 2 : normes limites de la teneur en métaux lourds dans les jus d'après les standards des différents pays.

Indices	Types de jus et numéro de standard	
	De pomme naturelle CAC/Rs 48-1971	Nectars de poires des pêches et d'abricot, CAC/Rs 44-1971
Substance sèche (par réfractomètre), %, Minimum.	10	13
Viscosité (d'après Lemb et Luis), S	5.0	30
Alcool, g/Kg, Maximum	0.4	3.0
Acide acétique, g/Kg, maximum	10	10
Oximéthyl furfural, mg/Kg	---	---
Acide sulfureux (teneur total), mg/Kg maximum	---	---

Dans les jus naturels conservés par un traitement thermique n'est pas admise une addition d'une quelconque substance chimique. Dans les jus concentrés n'est pas autorisé l'addition du sucre, d'acide et de colorants. L'appréciation de la qualité des jus est réalisée selon les indices organoleptiques et physico-chimiques. (**Benamara et Agougou, 2003**)

À côté des jus naturels conservés par un traitement thermique existe un autre groupe de jus obtenu par ces mêmes méthodes, mais conservé par des moyens chimiques. (**Benamara et Agougou, 2003**).

La consommation de produits avec une haute teneur en étain peut conduire à la perturbation du fonctionnement du canal gastro-intestinal. C'est pourquoi les groupes associés pour les jus de fruits et de baies auprès de l'ONU, la résolution a été prise pour que soit adopté la norme de 250 mg/kg à titre temporaire et mener des recherches ultérieurement pour la détermination de l'influence de l'étain sur la qualité des jus de fruits. . (**Benamara et Agougou, 2003**).

7. Classification

On distingue selon leurs naturalisés les sortes suivantes de jus conservés :

- a) Jus naturels traités à partir d'une seule espèce de matière première sans addition d'autre jus, de sucre et de conservateurs. Les jus naturels obtenus des fruits sélectionnés se distinguent particulièrement par leur haute qualité.
- b) Jus mélangés chez lesquels à un jus de base est ajouté jusqu'à 35% d'un autre jus d'une autre espèce de fruits. On mélange aussi les jus de différentes sortes obtenus d'une même espèce de matière première.
- c) Jus avec addition de sucre ou de son sirop qui adoucissent le goût acide de certains jus naturels. Le sucre est ajouté dans les jus sans pulpe et le sirop dans le jus pulpeux pour leur donner la consistance d'une boisson.
- d) Boissons fruitées préparées partir de deux-quatre espèces der jus de fruits avec addition de sirop de sucre à une faible concentration. La masse fruitière y compte 30-50%.
- e) Les jus gazéifiés saturés par le gaz carbonique qui augmente la propriété rafraîchissante et sa valeur alimentaire.
- f) Jus fermentés obtenus par transformation partielle ou complète du sucre naturel en l'alcool éthylique (cidre de pomme)

g) Jus adoucis (concentrés) obtenus de jus naturels clarifiés...

Selon le procédé de conservation, on classe les jus pasteurisés, de conservation aseptique, de conservation à froid, etc....

Selon le degré de clarté, les jus de fruits et baies sont classés en jus pulpeux (nectars) et jus non pulpeux. À leur tour ces derniers peuvent être clarifiés. **(Benamara et Agougou, 2003)**

8. Composition nutritionnelle des jus de fruits

La composition des jus de fruits et du jus d'orange en particulier est identique à celle des fruits dont ils sont issus, une partie des fibres et la cellulose en moins. Les jus sont composés des mêmes glucides, des minéraux et des vitamines que les fruits, les jus renferment de 87 à 89 % d'eau, ce qui confère à l'aliment son rôle hydratant avant tout. Leur faible apport énergétique et leur richesse en minéraux, et particulièrement en potassium, contribuent à leur intérêt nutritionnel. Les jus d'agrumes se distinguent des autres jus par leur faible taux de glucides, leurs teneurs en minéraux et en vitamines supérieures aux autres jus, en particulier la vitamine C et la vitamine B9 (acide folique). (<http://www.ars.usda.gov>)

Les glucides contenus dans les jus de fruits sont principalement le fructose (prédominant), le glucose et le saccharose. Pour les agrumes, environ 80 % de la matière sèche hydrosoluble sont représentés par les glucides et 10 % sont constitués par les acides organiques (acide citrique principalement) **(Ting, 1980)**.

Par ailleurs, les jus de fruits sont une source intéressante qualitativement et quantitativement de vitamines que l'on peut mettre en évidence sur la base des Apports journaliers recommandés (AJR) pour un adulte. Les principales vitamines intéressantes sont la vitamine C, le β -carotène, la vitamine B9 et éventuellement la vitamine E pour quelques jus à base de mangue par exemple, les jus d'agrumes parmi les autres jus seraient les meilleures sources de vitamine C et B9. Pour la vitamine A, mis à part les jus de mandarines qui peuvent entrer dans la composition des jus multifruits, le jus d'orange par sa faible teneur en β -carotène n'apparaît pas être le jus idéal pour l'apport provitaminique A. Cependant, il convient de rappeler que ce genre de données n'inclut pas les autres caroténoïdes provitaminiques tels que la β -cryptoxanthine. Néanmoins, les jus à base de mangue ou d'abricot généralement consommés sous forme de nectars représentent des sources non négligeables de provitamine A. **(Gissinger, 2003)**

Les tables de composition des aliments, même les plus élaborées, sont nécessairement incomplètes parce que, d'une part, certaines valeurs manquent, faute de résultats d'analyse et

que, d'autre part, les données existantes ne peuvent être que des moyennes à interpréter avec prudence (**Besançon, 1990**). Qu'en est-il des microconstituants tels que les polyphénols et les caroténoïdes ? Très peu de données chiffrées font partie des tables de composition classique. Seul le β -carotène est mentionné, mais il n'est pas précisé s'il s'agit d'un dosage de caroténoïdes totaux exprimé en β -carotène ou un dosage particulier du β -carotène. Il convient de rappeler que les caroténoïdes non provitaminique a et les polyphénols sont considérés comme des nutriments non essentiels, car les preuves des effets de la consommation de ces molécules sur la santé humaine n'ont pas été clairement apportées (**Nève, 2002 ; Manach *et al.*, 2006**).

D'autres valeurs extraites des bases de données de l'USDA (United States Department Of Agriculture) sur la composition des jus de fruits en caroténoïdes et flavonoïdes permettent de compléter les données classiques. Toutefois, ces valeurs isolées restent indicatives, car les quantités de caroténoïdes ou flavonoïdes sont très variables en fonction des conditions agronomiques (saison, lieu, pratiques culturales). Les polyphénols sont rarement présentes dans les tables de composition et pour cause, les tables de composition de ces aliments n'existent pas en France ou sont en cours d'élaboration (**Brat *et al.*, 2006**)

9. Changements de la composition chimique des jus.

Les différentes opérations technologiques, la présence des enzymes, l'oxygène de l'air et de la microflore dans les jus___ tout cela demeure la cause des processus chimiques et biochimiques d'altération.

- Les pectases ou les pectinases.
- Selon les données de Polard (Angleterre), existent trois provenances possibles dans le jus des enzymes pectolytiques :
 - Les moisissures qui encrassent les fruits ;
 - Les levures et autres microorganismes durant la fermentation ;
 - Des enzymes renfermées dans les fruits.

La pectine des pommes est hautement étirée. Pour la dénaturer, il faut avant tout dé- étirer (demetoxylé) jusqu'à l'acide galacturonique.

La quantité de pectase dans les pommes est moins importante que dans les autres fruits et légumes, les tomates et les agrumes par exemple. La pectine dans les pommes est liée avec le

tissu dur du fruit. La vitesse de demetoxylation dépend du pH du jus et de la quantité des phénols ou tanins lesquels entravent la réaction. . (Benamara et Agougou, 2003)

Polard et Tcharley supposent que dans les pommes est contenue seule la pectase. La pectinase peut être synthétisée par les levures au moment de la fermentation du jus de pommes. D'après les données d'Etchel et de Bell, la provenance essentielle de la pectinase est *Saccharomyces fragilis*. Par suite, la désintégration de la pectine a lieu aussi bien dans le jus fermenté que non fermenté. . (Benamara et Agougou, 2003)

Dans la production des jus, il est important de connaître l'action entravante des phénols et particulièrement les anthocyanes qui peuvent inactiver certaines enzymes, la pectase et la pectinase incluent.

Le mécanisme et les causes du brunissement des jus de fruits ne sont pas entièrement connus.

On avance les mobiles suivants :

- 1) Transformation des sucres.
- 2) Interaction entre les sucres et les acides aminés.
- 3) Formation de l'hydroxymethylfurfural
- 4) Oxydation des substances polyphénoliques et la désintégration des vitamines.

a) Transformation des sucres

Les produits riches en sucres acquièrent au moment du chauffage et de la cuisson une couleur sombre et un goût amer en résultat des modifications internes des sucres.

Le glucose cristallin fond à 93°C et à 110 °C il perd l'eau liée.

Le glucose cristallin anhydre fond à 146°C et par un chauffage à plus de 170°C il se caramélise.

Le fructose fond à 95°C- 105°C. Un chauffage à plus de 170°C il commence à se caraméliser.

La caramélisation consiste en une désintégration (déshydratation) d'une, de deux ou plus molécules d'eau à partir d'une, de deux ou plus molécules de sucre. Se forment

aussi les combinaisons complexes (anhydres) avec un goût amer et une couleur sombre les caramels.

Du glucose se forme la glucosane, du fructose- le levulosane et du saccharose- d'abord les produits de désintégration du glucose et du fructose et par la suite_ l'isosaccharose – substance de couleur blanche, soluble dans l'alcool méthylique ; le caramélane soluble dans l'eau et l'alcool.

À la température de plus de 200°C se forme de carameline $C_{12}H_{36}O_{13}$

Dans les solutions aqueuses et à une acidité importante, le fructose commence à se métamorphoser à 80°C. Avec une augmentation de la température, de la concentration et de l'acidité du milieu, la vitesse de la caramélisation du fructose s'accroît.

Les solutions de glucose de différentes concentrations (10,20, et 50 %) à différentes acidités du milieu (0.5 ; 1 ; 1.5 % d'acide tartrique) restent stable même pendant un long chauffage- jusqu'à 6 h à 80,90 et 100°C.

Le saccharose, chauffé dans des solutions aqueuses de différente concentration et acidité (0.5 ; 1 ; 1.5 %) reste stable à la température de 60-80°C.

À 100 °C toutefois, ces solutions changent de couleur, c'est-à-dire se caramélisent fortement. La vitesse de caractérisation s'accroît avec l'augmentation de la concentration de l'acide. .
(Benamara et Agougou, 2003)

b) Réaction entre les sucres et les acides aminés

Le brunissement des jus et des concentrés de fruit peut être provoqué par l'action mutuelle des sucres avec les acides aminés « réaction de Maillard »

Il y a formation de substances de teinture sombre « mélanoïdines». Le degré de brunissement du jus dépend de la température et de la durée de la conservation ou du chauffage. Participent facilement dans les réactions

mélanoïdiques les sucres libres $C=O$ ou $C \begin{array}{c} \diagdown \\ = \\ \diagup \end{array} C \begin{array}{c} \diagup \\ \\ \diagdown \end{array}$ (fructose, glucose, sorbose et autres)

Selon certains acteurs des acides aminés agissant facilement avec les sucres il y a la glycine, l'alanine et l'asparagine, moins actives __ la cystine et la tryosine. Dans un chauffage

artificiel d'un concentré, l'acide glutamique disparaît rapidement et complètement. Aussi disparaissent vite la valine et la leucine.

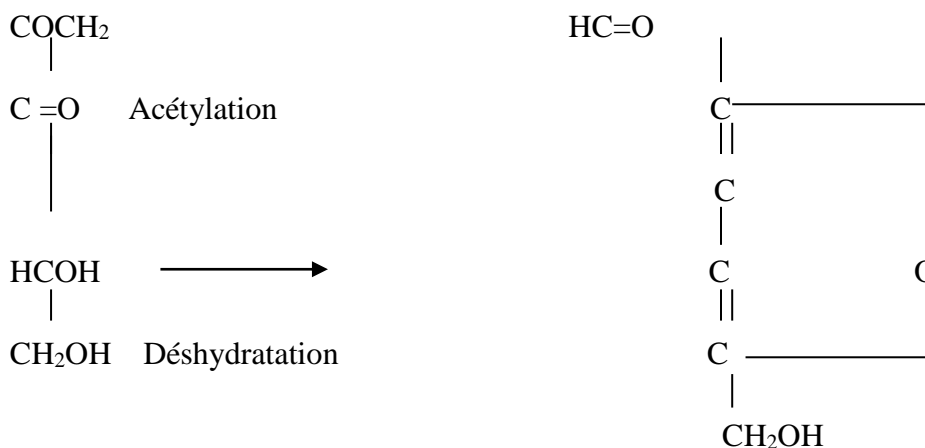
Il en résulte que dans un temps de conservation déterminé il faut se baser sur la perte totale des acides aminés. . (Benamara et Agougou, 2003)

c) Formation de l'hydroxymethylfurfural (HMF).

Dans les jus et concentrés assombrés est décelé l'hydroxymethylfurfural (HMF) dans de grandes proportions ainsi que les acides levulonique et formique qui sont des produits de décomposition du HMF. Celui-ci se forme par suite de la déshydratation de l'hexose, du sorbose et autres sucres au moment du chauffage en milieu acide. (Benamara et Agougou, 2003).

Dans la désintégration de l'HMF participent aussi les acides aminés, mais ils ne font que catalyser le processus.

Dans le fructose à lieu d'abord l'acétylation intérieure et ensuite la déshydratation.



Dans les jus contenant d'importantes quantités d'hexoses (fructose et glucose), à un pH de 3-3.5 sont réunies toutes les conditions pour la formation du HMF.

Il est établi que toutes les méthodes de conservation les plus répandues, la conservation thermique sans refroidissement sont celles qui favorisent la formation de quantités perceptibles de HMF. (**Benamara et Agougou, 2003**).

Certains auteurs considèrent que lors de la conservation du jus de pommes se forment 5-6 mg/l de HMF et 10- 12 mg/l dans le jus de raisin.

La quantité de HMF dans le jus de fruits dépend :

- 1- De la capacité du tonneau
- 2- De la teneur en SO₂ dans le jus.

Dans les produits conservés par l'anhydride sulfureux, la formation du HMF n'est pas remarquée. Cette question n'est pas suffisamment expliquée, mais l'on suppose qu'en raison de la coalition du HMF avec SO₂, la détermination demeure compliquée. Il est observé cependant, lors de la disulfitation thermique, la formation de HMF en conséquence de laquelle cette méthode de disulfitation est interdite dans certains pays.

De la teneur en acides aminés. Par la présence de ces derniers s'accroît la formation du HMF.

Même si la question concentration la teneur en HMF n'est pas résolue d'une façon définitive, il ressort tout de même qu'une teneur de plus de 5 et 10 mg/l de HMF dans respectivement les jus de pomme et de raisins modifie le goût et l'aromat. Le jus perd ses propriétés naturelles. La présence de cette substance témoigne d'une mauvaise conduite du processus technologique ou d'une conservation déficiente. (**Benamara et Agougou, 2003**).

10. Consommation de jus de fruits

Les jus de fruits, et en particulier les purs jus de fruits, constituent la très grande majorité des produits consommés en France. En effet, les purs jus représentent 49.8% des ventes et les jus à base de concentrés 29.7%, laissant aux nectars un cinquième des consommations seulement. Cette situation apparaît assez spécifique de la France puisque les autres pays européens consomment moins de pur jus et plus de nectars de fruits. À titre d'exemple, les purs jus, les jus à base de concentrés et les nectars représentent respectivement 10.5%, 57.5% et 32% des consommations en Allemagne, pays dans lequel la consommation totale de jus et nectars de fruits par habitant est la plus élevée d'Europe.

Parmi les différents parfums, le jus d'orange est largement le plus consommé, puisqu'il représente 48% des ventes, suivi d'assez loin par le jus de pomme, les jus multifruits ; les jus

de légumes sont beaucoup moins consommés que les jus de fruits (**figure 01**)

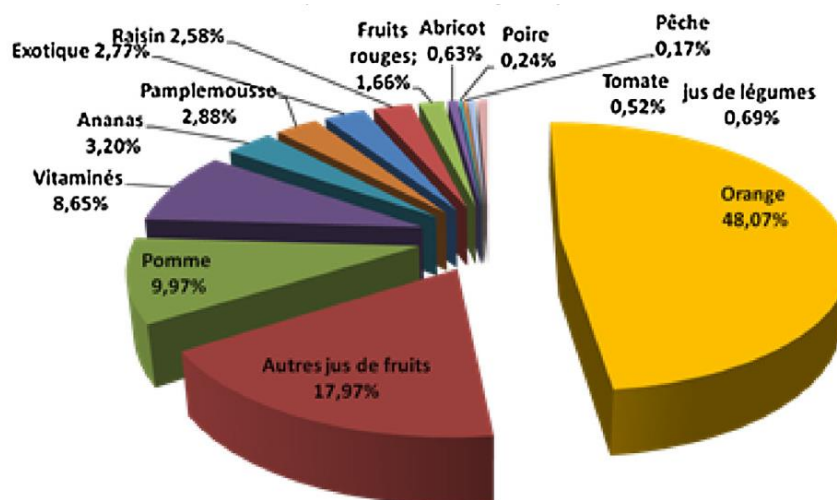


Figure 1. Vente de jus de fruits par parfum en France en 2011

Les produits vendus en conditionnement de 1L, 1.5L et 2L sont les plus appréciés par les Français : ils représentent 89% des ventes en 2011. Les données de marché ne permettent donc pas de connaître précisément le volume consommé à chaque occasion. Les professionnels ont toutefois, au niveau européen, choisi de proposer un volume de 200ml comme correspondant à une portion.

Les jus de fruits pasteurisés, conservés à température ambiante, sont plus fréquemment consommés que les jus réfrigérés à durée de vie plus courte (89% contre 11%) ; ce marché des jus réfrigérés est cependant dynamique et en forte progression. Les Français préfèrent les emballages carton (63%), par rapport au plastique (26%) ou au verre (9%).

Autre spécificité française, l'ensemble des jus de fruits et des nectars représente une proportion importante de la totalité de la consommation de boissons rafraichissantes sans alcool : plus de 53% chez les enfants et près de 40% chez les adultes. Cette proportion est très différente de celle observée, par exemple, aux États-Unis, où la consommation de jus de fruits est assez similaire en quantité absolue (100mL/j chez les enfants et 82mL/j chez les adultes), mais où elle ne représente que 21% de l'ensemble des boissons rafraichissantes chez les

enfants et seulement 13% chez les adultes, en raison notamment d'une plus forte consommation de sodas. Ce point peut s'avérer important lorsque l'on considère que la quasi-totalité des études scientifiques menées sur l'effet des boissons sucrées sur la santé est réalisée aux États-Unis, pays où les caractéristiques de la consommation de boissons rafraîchissantes sont très différentes de ce que l'on peut observer en France.

La consommation de jus de fruits et nectars est une habitude bien ancrée dans l'alimentation des Français : la moitié des adultes et les trois quarts des enfants en consomment régulièrement, à des niveaux moyens de 110ml/j chez les enfants et les adultes. La consommation française est dans la moyenne de celle des pays développés ; elle se caractérise par une consommation préférentielle de « purs jus », qui s'effectue à 90% au sein de repas structurés, notamment le petit déjeuner et le goûter, dont ils sont partie intégrante. (Agrosupdiijon, 2010).

1. Fabrication de jus de fruits

La préservation des qualités organoleptiques et nutritionnelles des jus au cours de leur élaboration et de leur distribution implique une adaptation permanente de l'outil de production. L'obtention de jus de fruits prêts à consommer nécessite une succession d'opérations unitaires qui doivent être optimisées pour assurer un niveau de production suffisant sans nuire ni à la qualité ni à la sécurité. La fabrication de jus de fruits telle qu'elle est pratiquée au niveau industriel peut être schématisée dans les grandes étapes successives de la production.

Au niveau industriel, la majorité de ces étapes est automatisée. Le jus extrait est alors traité avant ou après conditionnement, de façon à en assurer la stabilité microbiologique et colloïdale. Le coût de transport et de stockage des jus de fruits est élevé, il est souvent plus économique pour les industriels de concentrer les jus puis de les rediluer dans la région de distribution.

1.1 Préparation des fruits : sélection, lavage, calibrage

À leur réception à l'usine, les fruits, supposés cueillis à bonne maturité, sont généralement stockés quelques jours dans des conditions limitant leur altération. Le temps de stockage est dépendant du fruit : les pommes peuvent être stockées jusqu'à une semaine sur des aires bétonnées en tas n'excédant pas 1 mètre, les agrumes 5 à 6 jours. Les petits fruits rouges sont très fragiles et sont ainsi traités dès réception pour éviter leur fermentation, ou ils sont surgelés pour un traitement différé. Les fruits sont sélectionnés à l'entrée de la ligne de pressurage, les fruits abîmés et/ou hors normes sont éliminés. Par exemple, le test de flottaison permet de trier les pommes saines dans des caniveaux hydrauliques. Par ce principe, un premier tri sélectif est réalisé. Les fruits sont ensuite automatiquement lavés et calibrés, de manière à correspondre à la taille des systèmes de pressurage. Les prétraitements des fruits varient selon chaque espèce : les pommes et poires sont réduites en cossettes à l'aide de râpes. Les agrumes sont uniquement calibrés.

Les fruits à noyau sont dénoyautés, soit par des dénoyauteuses rotatives, soit dans des pulpeurs après un premier traitement thermique à la vapeur. Ces étapes de procédés sont bien définies. Un des procédés d'extraction du noyau des prunes (**Will et Dietrich, 2006**) consiste à chauffer à 90°C les prunes dans un tube d'échange de chaleur et les laisser 20 min dans une cuve. Puis la préparation du fruit au pressurage se termine par un dénoyautage en pulpeur.

1.2 Extraction des jus

1.2.1 Généralités sur le pressurage

Le pressurage va consister en l'expression du jus. Le jus est contenu dans la vacuole de chaque cellule parenchymateuse du tissu comestible des fruits. Chaque cellule est entourée d'une paroi primaire constituée par un gel rigide de pectines, de cellulose et d'hémicelluloses ; entre les parois primaires de deux cellules adjacentes est disposée une lamelle moyenne composée principalement de pectine. Pour extraire le jus, il faut ainsi désorganiser les tissus pour obtenir une pulpe composée de cellules séparées, de fragments de paroi baignant dans le liquide issu des vacuoles. Une fois obtenu, le jus est séparé des particules solides (**Drilleau, 1988**).

De nombreux paramètres sont à prendre en compte dans le pressurage des fruits : l'épaisseur de pulpe, sa porosité, sa résistance mécanique, la viscosité et la densité du jus, la pression exercée.... La formation d'une couche de râpure, une fois le pressurage effectué, va limiter le drainage. Il est nécessaire de limiter le pressurage trop rapide afin de limiter l'épaisseur de la couche de râpure (**Singh et Kulshreshtha, 1996**), a établi un modèle mathématique reliant la déformation du gâteau de racine de carottes et la vitesse d'écoulement du jus, en fonction du temps et de la pression appliquée. Ce modèle permettrait de prédire la vitesse d'écoulement du jus et de la déformation en adéquation satisfaisante avec les résultats expérimentaux.

Des observations empiriques ont permis de montrer que l'alternance de phases de pression et de relaxation favorise successivement l'éclatement des cellules et l'écoulement du jus. En effet, les résultats d'extraction de jus de pomme par une presse sous cloche et une presse à bande montrent un rendement identique d'extraction avec un temps cinq fois plus court pour la presse à bande. Un profil de pression différent (Figure 11) permet d'expliquer ces résultats. Pour l'extraction sous presse à cloche, le procédé commence par une montée progressive suivie d'une stagnation de la pression tandis que pour la presse à bande, il y a une alternance de phases de hautes et de basses pressions (**Turk, 2010**).

1.2.2 Pressoirs et extracteurs

Deux grands types de pressoirs sont utilisés pour le traitement industriel des pulpes de fruits : ce sont les pressoirs discontinus, à paquets ou à corbeille, et les pressoirs continus à bandes. Cependant, d'autres essais d'extraction avec la pomme ont été réalisés à l'aide d'extracteurs centrifuges. (**Israel et Leufstedt, 1993 ; Kem, Guldenfels et al., 1993**)

a) Pressoirs et extracteurs

Les pressoirs à paquets sont encore utilisés à l'échelle de production artisanale par exemple pour le jus de pomme. Ils ont cependant disparu des usines des pays occidentaux en raison de leur faible productivité. Ils permettent d'extraire le jus sur des fruits préalablement broyés ou entiers. Sous l'action de pistons hydrauliques, il se crée une force de pression permettant le pressurage des fruits situés entre les différents paquets. Ce mode de pressurage est préférentiellement appliqué aux petites quantités de fruits. Les pressoirs à corbeille autorisent le travail de pratiquement tous les types de végétaux. Leur conduite programmable permet d'adapter la pression aux caractéristiques physiques de la matière première de façon à obtenir le meilleur rendement. Le corps du pressoir est constitué d'une corbeille dont le volume peut atteindre 6 m³ et de deux flasques, une fixe et creuse jouant le rôle de tablier, l'autre mobile celui de piston. Ces deux éléments sont reliés par une centaine de drains rainurés, entourés d'un manchon filtrant en toile. Au niveau du mécanisme de pressurage, la pulpe, introduite dans la corbeille, va subir l'action du piston et sera comprimée contre le tablier (étape 1). Le jus s'écoule au travers des éléments de drainage (étape 2). La rotation du corps du pressoir lors du repêchage entraîne un malaxage de la pulpe favorisant son contact avec les drains (étape 3). Ceux-ci faisant objet de tamis, le jus obtenu est peu chargé en bourbe. À la fin du pressurage, piston et corbeille se retirent, le résidu tombe dans une trémie munie d'une vis d'Archimède (étape 4). Le système, entièrement clos de l'introduction du fruit jusqu'à la sortie du jus, permet d'assurer une bonne qualité hygiénique du produit. (Israel et Leufstedt, 1993 ; Kem, Guldenfels et al., 1993)

b) Pressoirs continus

Les pressoirs à bande dérivent des techniques des pressoirs à paquets. Le lit de pulpe (étape 1) est entraîné entre deux toiles sans fin à travers un train de rouleaux et de contre-rouleaux (étapes 2 et 3) dont l'écart en se réduisant exerce une pression progressivement croissante sur la pulpe. Le jus s'écoule à travers la toile inférieure dans un bac collecteur (étape 4). À la fin du dispositif, les toiles s'écartent et permettent le relargage des résidus dans une trémie d'évacuation. Le nettoyage des toiles est assuré par des batteurs et des jets d'aspersion. (Israel et Leufstedt, 1993 ; Kem, Guldenfels et al., 1993)

1.3 Technologies d'aide au pressurage

Dans le milieu des années 1930, la technologie du jus de fruits tend à se développer et avec elle apparaissent les difficultés de clarification et de rendement. Le pressurage seul ne permet pas une extraction maximale des jus, ce qui représente une perte financière pour les industriels. De plus, certains fruits comme la mangue et la prune ne se prêtent que très mal au pressurage (Chang, Siddiq *et al.*, 1995; Chauhan, Tyagi *et al.*, 2001; Will et Dietrich, 2006). Le développement des recherches a permis la première application d'enzymes pectolytiques dans cette technologie pour la clarification des jus de pomme en 1930 (Mehlitz, 1930).

Pour l'extraction des jus, il est nécessaire d'agir en amont du pressurage par des actions physiques et/ou enzymatiques afin d'augmenter le rendement en facilitant l'extraction par une déstructuration augmentée du fruit, et/ou en aval pour supprimer le trouble et obtenir des jus clarifiés (clarification) (Hartmann, 1993).

1.4 Procédés de décontamination microbiologique

1.4.1 Microorganismes pathogènes et traitements de décontamination

En règle générale, à cause de leur pH bas, les jus de fruits présentent peu de risques microbiologiques. Un pH inférieur à 4,5 est létal pour des germes pathogènes comme *Listeria monocytogenes* ou *Clostridium botulinum* (Parish et Higgins, 1989).

Cependant, des épidémies de diarrhées et des syndromes d'urémie hémolytique en 1991 dans le Massachussets (États-Unis) ont été associés à la consommation de jus de pomme non pasteurisés présentant la souche pathogène *E.Coli O157 :H7* (Besser, Lett *et al.*, 1993). En Lybie, sur 146 jus non pasteurisés, la teneur en microorganismes viables varie de 1,7.10⁵ (jus d'amande) à 5,1.10³ (jus de citron) (Ghenghesh, Belhaj *et al.*, 2005). Sur ces microorganismes trouvés dans les jus, beaucoup sont pathogènes pour l'homme comme la souche *E. Coli O157*.

À la sortie de la chaîne de production, les jus de fruits doivent être exempts de microorganismes en quantité pouvant présenter un danger pour la santé et ceci jusqu'à la date limite de consommation.

La lutte contre les microorganismes est ainsi indispensable pour assurer la qualité sanitaire et microbiologique des jus, en assurer la stabilité et prolonger leur durée de consommation. Il existe plusieurs traitements de décontamination basés sur thermorésistance, barorésistance... des microorganismes.

Le procédé classiquement utilisé pour la pasteurisation s'effectue ainsi : les bouteilles pleines fermées sont aspergées d'eau de plus en plus chaude jusqu'à atteindre des températures

de l'ordre de 90°C, ce qui chauffe le produit de 82°C à 85°C. Cette technique de " pasteurisation ", mise au point par Pasteur, nécessite des procédures longues de chauffage puis de refroidissement pouvant provoquer la cuisson du jus de fruits et la dégradation de ses arômes. La pasteurisation présente des effets négatifs : à 80°C, un brunissement non enzymatique peut apparaître, la perte de nutriments thermolabiles et la formation de produits indésirables comme le 5-hydroxyméthylfurfural (5HMF) (**Baron, 2002**). Cependant de nombreuses études montrent que ces nouveaux composés formés lors de la réaction de Maillard ont une forte activité antioxydante (**Kim, Jeong et al., 2003; Del Caro, Piga et al., 2004**).

La première substitution à la pasteurisation classique est le chauffage rapide : le remplissage des emballages en verre se fait avec un jus porté à 95/97°C. L'ensemble jus/bouteille après fermeture ayant une température de 82°C à 85°C s'autopasteurise. Cet ensemble est ensuite rapidement refroidi. Cette technique dite " flash pasteurisation " réduit de moitié l'intensité du traitement thermique. Une bonne maîtrise de l'asepsie permet de réduire encore le barème thermique (**Baron, 2002; Aymerich, Picouet et al., 2008**).

Le flash pasteurisation peut être suivie par un remplissage aseptique à froid. Les emballages sont stérilisés en ambiance aseptique avant l'opération de remplissage. Les jus de fruits sont stérilisés par flash pasteurisation (passage à 95/97°C) puis refroidis en quelques secondes à la température ambiante avant d'être introduits à froid dans l'emballage aseptique. Cependant des règles d'hygiène strictes doivent être respectées afin d'éviter une recontamination postpasteurisation. De nombreux distributeurs de jus de fruits (Andros, Pampryl) maîtrisent ce procédé de remplissage à froid, leur emballage ne résistant pas à la température de pasteurisation.

Cette même technique sous pression permet de porter le jus au-dessus de 100°C ; les températures de chauffage peuvent atteindre jusqu'à 130°C, avec une réduction de durée de traitement. Par exemple, il est possible de pasteuriser le jus d'orange en 3 secondes à 107°C. Cette technique de refroidissement rapide entraîne une réduction des temps de traitement thermique ce qui préserve d'autant plus la qualité gustative et nutritionnelle des jus de fruits.

Il y a une demande des consommateurs pour des jus de fruits ayant subi le moins de procédés thermiques afin de conserver au maximum les propriétés initiales des fruits (**Mittal et Griffiths, 2005**). Pour bénéficier d'un statut jus fraîchement pressé, les jus ne doivent pas subir de traitement thermique, mais uniquement mécanique (**Union Interprofessionnelle des Jus de fruits et Nectar, 2009**) et avoir la qualité microbiologique réglementaire un grand intérêt est donc porté à l'innovation avec des traitements de décontaminations alliant un

procédé à faible température, des qualités nutritionnelles conservées et une inactivation des germes pathogènes (**Gasperi, Aprea et al.**, 2009).

Un de ces procédés reposant sur la barorésistance des microorganismes peut être appliqué. Sur des jus de fruits (pomme, orange, abricot et cerise) inoculés volontairement par *E.Coli O157: H7* et *Salmonelle*, un procédé haut-pression est appliqué. Un traitement de 5 min à 350 MPa à une température de 40°C permet l'inactivation complète de l'inoculum (**Bayindirli, Alpas et al.**, 2006). (**Houska, Strohalm et al.** 2006) montrent une diminution de 5 log₁₀ des microorganismes viables présents au départ dans différents jus de fruits après un traitement à haute pression (500 MPa pendant 10 min). Cependant, cette technique ne permet pas l'inactivation des enzymes pectolytiques et les jus présentent un déphasage dès le début de stockage (**Denès**, 1999).

D'autres procédés consistent en l'utilisation d'un champ électrique pulsé à haute intensité (HICEP) capable d'inactiver l'ensemble des microorganismes dans les aliments sans perte significative de flaveur, couleur et nutriments (**Elez-Martinez, Soliva-Fortuny et al.**, 2006 ; **Sobrino-Lopez, Raybaudi-Massilia et al.**, 2006). Dans les jus de pomme, orange, poire et fraise inoculés volontairement par *E.Coli O157: H7* et *Salmonelle*, une haute intensité de 58 champs électriques pulsés (intensité du champ électrique : 35 kV .cm⁻¹, durée du pulse : 4µs) combinée à un antiseptique naturel (acide citrique) est appliquée aux jus s'écoulant entre 80 et 100 mL.min⁻¹. Comparé à une HICEP seule, il est remarqué un effet synergique et additif de l'acide citrique dans la destruction de *E.Coli O157: H7* et *Salmonelle* (**Mosqueda-Melgar, Elez-Martinez et al.**, 2008).

1.5 Conditionnement

Le jus décontaminé est conditionné en emballage individuel (produit fini), ou bien en vrac : fûts (aseptiques ou congelés), bins (emballages aseptiques de 1000 litres), cuves, citernes... Les jus en vrac seront livrés aux élaborateurs de produits finis qui effectuent le conditionnement final, suite à une repasteurisation du jus (**Baron**, 2002).

2. Contrôle de la qualité

La fraîcheur et la qualité du jus de fruits pressé sont essentielles à la qualité du produit final. Dès lors que le jus est extrait du fruit, il commence à se dégrader, à la fois par l'action chimique (action des enzymes), à la fois par l'altération bactérienne. Il est important de passer de la phase d'extraction du jus à la phase de pasteurisation le plus rapidement possible, afin de minimiser tout risque d'altération.

Un jus de fruits extrait qui sera laissé au repos et exposé trop longtemps à la chaleur commencera à fermenter, et pourra même se décolorer en raison de l'activité enzymatique. Le jus doit être conservé dans un réfrigérateur (lorsque l'on en dispose) ou dans un endroit frais et à l'abri de la lumière directe du soleil. Il doit être versé dans un récipient propre et stérile (la meilleure option, des contenants en plastique de qualité alimentaire) et couvert, de façon à les protéger des saletés, de la poussière et des insectes. Pour un produit de la meilleure qualité, il est primordial de procéder rapidement entre les phases d'extraction de jus et de mise en bouteilles. Plus longtemps le jus est exposé à l'extérieur des bouteilles, plus les risques de contamination ne sont importants.

Comme dans toutes les entreprises de transformation alimentaire, il est nécessaire de s'assurer que les produits à base de fruits sont convenablement élaborés et tarifés, de façon à répondre aux exigences des clients, mais également que les coûts de production soient réduits au minimum afin de garantir de bons bénéfices. La qualité de la production doit être surveillée et contrôlée quotidiennement, afin de garantir la qualité de chaque bouteille de jus en termes de conservation et de consommation.

1. Emballages plastiques

Les principaux matériaux plastiques utilisés pour le contact alimentaire sont constitués majoritairement de polymères semi-cristallins, les polyoléfines et le PET.

Le polyéthylène (PE) et le polypropylène (PP) qui font partie de la famille des polyoléfines sont essentiellement constitués d'éthylène et de propène. Ils entrent principalement dans la fabrication de films d'emballage, d'opercules, de bouchons et sont utilisés comme couche de scellage dans les matériaux multicouches. Le polychlorure de vinyle (PVC) est également utilisé pour les bouteilles d'huile, de vin ou de vinaigre avec des additifs spécifiques au contenant. Le polyéthylène téréphtalate (PET), polymère de la famille des polyesters a, contrairement au PVC, une très faible perméabilité au CO₂. Il est donc employé dans la fabrication des bouteilles de boissons gazeuses. Il est largement utilisé pour les bouteilles d'eau minérale. Son utilisation pour les jus d'orange est intéressante étant donné sa faible perméabilité à l'oxygène comparé au PE. Notons également l'existence du polyéthylène naphthalate (PEN), cinq fois plus barrière au dioxyde de carbone et à l'oxygène que le PET mais trois à quatre fois plus cher ce qui limite son utilisation.

Le polystyrène (PS), polymère totalement amorphe, est surtout utilisé dans les emballages de produits laitiers (yaourts, crème fraîche, desserts lactés). Le polyacrylonitrile (PAN) est très barrière à l'oxygène mais il est aussi 4,5 fois plus cher que le PET, il a été utilisé pour les jus d'orange sous le nom commercial « Barex ».

Un aliment très sensible à l'oxygène devra donc être emballé avec un matériau barrière à l'oxygène, donc préférentiellement avec le PET (ou PEN) par rapport aux polyoléfines (PE, PP). Un matériau d'emballage ne va pas assurer à la fois des propriétés barrière à l'oxygène et à la vapeur d'eau. Ces propriétés sont obtenues en associant plusieurs types de polymères.

Ainsi, pour améliorer la performance des emballages vis-à-vis du maintien de la qualité de l'aliment, des emballages multicouches ont été élaborés. Chaque couche présente une propriété différente (écran à la lumière, barrière à l'oxygène, résistance mécanique). La propriété attendue de l'emballage correspond alors à la somme des propriétés individuelles de chaque couche. Le copolymère d'éthylène et d'alcool vinylique (EvOH) fait partie des polymères les plus barrières à l'oxygène mais il est très perméable à la vapeur d'eau, de plus il perd ses propriétés barrières à l'oxygène quand il est en contact avec un milieu aqueux. Il est utilisé en couche interne dans les complexes avec des polyoléfines.

Deux types de bouteilles multicouches peuvent être distingués :

- les bouteilles n'intégrant pas de couche barrière aux gaz, constituées de PEBD et PEHD. Une couche de PEHD noire est utilisée comme barrière aux UV. Ces bouteilles sont principalement utilisées pour le conditionnement du lait.

- les bouteilles comportant une couche barrière à l'oxygène à base de nylon ou EvOH, elles sont composés de 3 couches comme par exemple PE/PA (Nylon) /PE ou PE/EvOH/PE voire 4 couches PE/EvOH/PE recyclé/PE (**Hrebicek**, 2003).

La technologie ACTIS (Amorphous Carbon Treatment on Internal surface) est un procédé développé par Sidel (1999) qui consiste à déposer une couche barrière de carbone à l'intérieur de la bouteille en utilisant un gaz à l'état de plasma (l'acétylène). Sous l'effet d'un apport d'énergie par micro-ondes, le gaz se décompose sous la forme d'un nuage de molécules plus ou moins dissociées, d'ions, d'électrons, de neutrons, de photons : le plasma. La perte brutale d'énergie au cours du choc de ces espèces contre la paroi de la bouteille provoque un retour direct à l'état solide et la formation d'un dépôt, en une couche de carbone amorphe hautement hydrogéné d'une épaisseur de 1,5 dixième de micron. La bouteille PET traitée plasma est 30 fois plus barrière à l'oxygène qu'une bouteille de PET non traitée. Cette bouteille a montré son efficacité pour le conditionnement de la bière, boisson très sensible à l'oxygène, et qui n'était jusqu'alors conditionnée qu'en bouteille verre. De plus cette couche plasma permet de réduire de 6 fois la migration des aldéhydes présents dans le PET vers le produit (site <http://www.actis-tm.com/industrie.htm>). D'autres types de traitement plasma ont également été développés avec le dépôt d'une couche de silice.

En plus de la bouteille, le bouchon est également important à prendre en considération. Le bouchon des bouteilles de PET est le plus souvent en PEHD du fait de ses bonnes propriétés mécaniques et de résistance, il peut donc constituer un point faible de l'emballage étant donné sa perméabilité à l'oxygène plus élevée que celle du PET. Des technologies de bouchon PEHD possédant un joint multicouche sont en cours de développement pour améliorer la barrière à l'oxygène.

2. Techniques de conditionnement

Les deux techniques de conditionnement possibles pour les jus ambiants sont le conditionnement à chaud et le remplissage aseptique à froid. Le choix d'une technique plutôt que d'une autre se fera selon le type de matériau utilisé. C'est la raison pour laquelle il est important de considérer la façon dont le polymère réagit face à la température. Le conditionnement à chaud est utilisé pour les bouteilles en verre et pour certaines briques ou bouteilles de PET fortement cristallisées résistantes à 80°C. La température du liquide assure

la stérilité de l'emballage car les jus sont soutirés à chaud. Le remplissage aseptique à froid nécessite un refroidissement du produit avant conditionnement. Les emballages doivent être nettoyés et stérilisés avant le remplissage. Le peroxyde d'hydrogène et l'acide péraétique sont les produits de nettoyage les plus couramment utilisés pour la décontamination des emballages plastiques utilisés par les procédés aseptiques. Un schéma du procédé de conditionnement aseptique à froid en emballages PET est donné dans la (Figure 02).

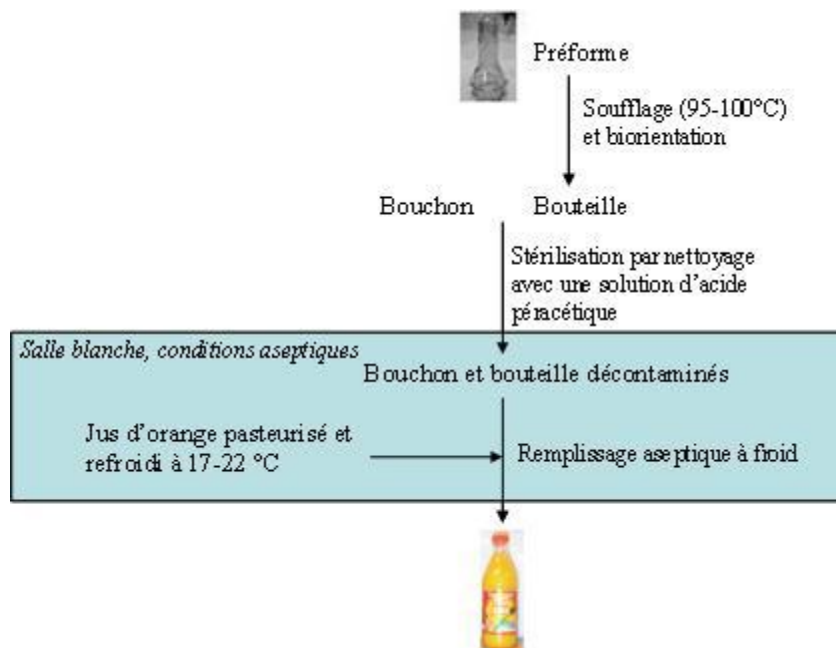


Figure 02. Schéma d'un procédé de remplissage aseptique à froid

2. Interactions entre l'emballage et l'aliment

Les phénomènes décrits ici concernent les emballages plastiques qui constituent une part croissante du marché de l'emballage et qui seront étudiés dans notre travail comparativement au verre, emballage inerte pris pour référence.

2.2 Définitions

Les phénomènes d'échange entre le produit alimentaire et son emballage sont la résultante des interactions existant entre la matrice, l'emballage et son environnement, entraînant des effets sur le produit et /ou l'emballage (**Hotchkiss**, 1997). Les principaux types d'interaction entre un aliment et son emballage plastique sont :

- la migration,
- la perméation.

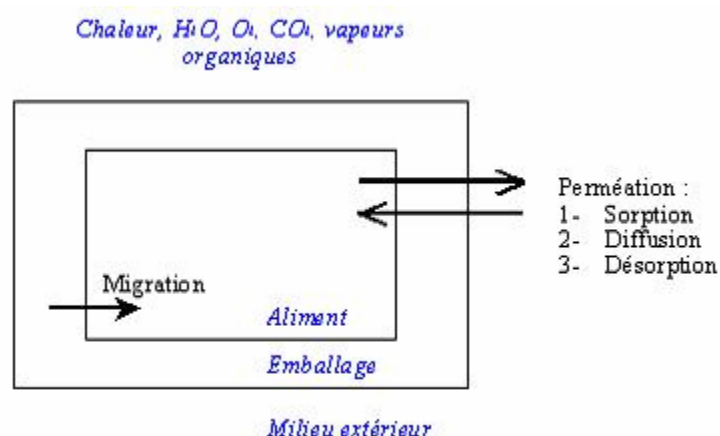


Figure 03. Différents types d'interaction entre la matrice alimentaire et l'emballage plastique

La **migration** correspond au transfert des constituants de l'emballage vers l'aliment. Il peut s'agir d'adjuvants technologiques, de monomères, d'oligomères, de pigments et solvants des encres d'impression ou de produits de dégradation. La migration peut induire des problèmes de toxicité mais également des odeurs indésirables.

La **perméation** décrit le phénomène de solubilisation-diffusion de molécules volatiles venant de l'aliment et (ou) de l'extérieur (gaz comme O₂, CO₂, N₂, He, vapeurs d'eau, composés d'arôme) au travers de l'emballage. La perméation nécessite au préalable la sorption des substances concernées. Les substances pouvant être sorbées sont très diverses (pigments, acides, composés d'arôme...), elles présentent pour cela une affinité chimique avec la nature

polymérique de l'emballage. Ainsi du fait de leur faible masse molaire, la sorption des composés d'arôme dans l'emballage se poursuit par leur diffusion dans le matériau, allant dans certains cas jusqu'à la traversée totale du matériau. La perméation peut ainsi provoquer des pertes d'arômes et donc des modifications des propriétés organoleptiques du produit.

En sens inverse, du milieu extérieur vers l'aliment, ce phénomène s'accompagne de détérioration des qualités de l'aliment. Ainsi la perméabilité à l'oxygène des matériaux d'emballage est un phénomène critique dans la conservation de l'aliment emballé. Elle peut provoquer le développement de micro-organismes ou des réactions d'oxydation.

2.3 Réglementation des emballages

Parmi les phénomènes de transferts entre l'aliment et l'emballage qui ont été décrits, la migration est le phénomène susceptible de présenter un danger pour la santé humaine. La réglementation des emballages s'intéresse donc en priorité à ce phénomène en imposant que l'emballage ne cède pas aux aliments des constituants, en quantité susceptible de présenter un danger à la santé humaine, et d'entraîner une modification inacceptable de la composition ou des caractères organoleptiques de ces denrées : C'est le principe d'inertie (règlement 1935/2004 du Parlement Européen et du Conseil, directive 2002/72/CE amendée en 2004). Ce règlement prend en considération tous les matériaux destinés ou susceptibles d'entrer au contact des aliments. Etant donnée l'importance des emballages plastiques dans le domaine alimentaire, une directive spécifique a donc été établie. Elle donne une liste positive, regroupant les composés qui sont autorisés comme adjuvants technologiques pour l'emballage alimentaire, comme les monomères et additifs, à l'exclusion des colorants, pigments... Quatre types de migrants potentiels peuvent être présents dans un matériau polymérique :

- des résidus de monomères ayant servi à la polymérisation,
- des adjuvants technologiques des polymères,
- des produits de réaction ou de dégradation des adjuvants, des monomères et des polymères,
- des substances ne faisant pas partie des listes positives.

La directive définit les limites de migrations de ces différentes substances.

La **limite de migration globale** (LMG) : cette limite est indépendante de la toxicité du migrant, elle est fixée à 60 mg.kg⁻¹ de produit. Les emballages qui présentent une LMG supérieure à cette valeur ne sont pas aptes au contact alimentaire.

La date limite de **migration spécifique** (LMS) fixe la quantité acceptable d'une substance donnée (migrant) dans l'aliment. La LMS est fixée en fonction de la dose journalière admissible DJA (en mg.kg^{-1} de masse corporelle).

La **concentration maximale dans le matériau** (QM) est le type de restriction utilisée autant que possible car il est plus facile de mesurer un migrant dans un plastique que dans un aliment. Dans le cas d'une substance inconnue, le QM est calculé d'après le seuil de nonpréoccupation toxicologique (concentration dans l'aliment inférieure à 1-10 ppb, valeur encore en discussion). Celui-ci correspond à un seuil de concentration dans l'aliment en dessous duquel toute substance ne présente qu'un risque minime.

La **concentration maximale par unité de surface** (QMA) est habituellement exprimée en mg pour 6 dm^2 . Elle est employée pour des substances en très faible quantité, lorsque la migration est très faible (généralement inférieure à $0,05 \text{ mg.kg}^{-1}$ d'aliment) ou encore lorsque la migration totale de la substance reste acceptable d'un point de vue toxicologique.

Pour compléter les dispositions prévues dans le règlement 1935/2004, un « Super-Règlement » européen sur les matériaux et emballages actifs devrait voir le jour fin 2006. Par rapport à la directive sur les matières plastiques, le nouveau texte devrait apporter entre autres les modifications suivantes :

- Regroupement de tous les textes réglementaires qui concernent les matières plastiques,
- Extension des règles à tous les matériaux multicouches dont la couche en contact est de la matière plastique,
- Définition de la barrière fonctionnelle, qui consiste à insérer, dans un nouvel emballage, un polymère recyclé entre deux couches de matière vierge, ce qui décale dans le temps la migration (temps de latence),
- Clarification des obligations des exploitants (avec notamment déclaration écrite de conformité),
- Transformation des QM et QMA en LMS. (Anonyme, 2010)

2.4 Equations réagissant les phénomènes de perméation

La perméation a d'abord été décrite par la diffusion de gaz et de molécules de petites tailles au travers d'un film. Le processus se déroule de la façon suivante : tout d'abord le gaz est solubilisé à la surface du film, puis il diffuse à travers le film avant d'être désorbé sur l'autre face du film. La quantité de gaz transporté est appelé flux de matière, s'exprime en fonction du gradient de concentration suivant l'axe de déplacement d'après la première loi de Fick :

Équation 1

$$\mathbf{J} = -\mathbf{D} \left(\frac{\delta C}{\delta x} \right)$$

Où J est le flux de diffusion ($\text{kg.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$), D est le coefficient de diffusion ($\text{m}^2.\text{s}^{-1}$) et C est la concentration du gaz dans le film (kg.m^{-3}).

Cette première loi de Fick s'applique dans le cas du régime permanent avec un gradient de concentration linéaire et indépendant du temps.

Avec e, l'épaisseur du film (m), C₁, la concentration du perméant avant passage au travers du film et C₂ la concentration du perméant après passage au travers du film, l'Équation 1 devient :

Équation 2

$$\mathbf{J} = \mathbf{D} (C_1 - C_2) / e$$

Le coefficient de diffusion D (en $\text{m}^2.\text{s}^{-1}$) représente la vitesse de déplacement des molécules perméantes dans le film. C'est un paramètre cinétique essentiellement relatif à la taille et à la forme des molécules mais aussi à la structure du polymère.

Si l'on suppose que la concentration en gaz sorbé est proportionnelle à la pression partielle dans la phase gazeuse sur la surface du film alors l'Équation 2 s'écrit

Équation 3

$$\mathbf{J} = \mathbf{D} \mathbf{S} (p_1 - p_2) / e$$

Où D est le coefficient de diffusion ($\text{m}^2.\text{s}^{-1}$), S est le coefficient de solubilité du perméant dans le film ($\text{kg.m}^{-3}.\text{Pa}^{-1}$), p₁ et p₂ sont les pressions partielles du perméant sur les faces interne et externe (Pa).

La sorption peut être représentée par le coefficient de solubilité S (en $\text{kg.m}^{-3}.\text{Pa}^{-1}$). Celui-ci dépend de l'affinité de la molécule sorbée pour le polymère et de la pression partielle de la molécule à l'interface solide-gaz (Naylor, 1989). C'est un paramètre thermodynamique qui est un coefficient de partage. S est égal au rapport de C (concentration du perméant dans le polymère) sur p pression partielle du perméant au contact, à l'équilibre. Ceci est vrai quand p est faible et qu'il n'y a pas de modifications du polymère. Quand le type de contact n'est plus seulement à l'état gazeux mais se fait par l'intermédiaire d'une troisième composante, liquide ou solide, par exemple la matrice alimentaire, S peut être assimilé à un coefficient de partage qui est le rapport de concentrations de la molécule volatile dans le polymère et la matrice, à l'équilibre.

Dans notre cas, les molécules aptes à diffuser au travers du film ne sont pas toutes des molécules gazeuses, elles peuvent être des solutés de la matrice liquide. Pour décrire le phénomène en gardant le même modèle mathématique, deux approximations sont faites :

- les interactions entre le perméant et le polymère sont supposées faibles, ce qui signifie que la sorption se fait de la même manière en tout point du polymère,
- le calcul du flux de diffusion utilise les concentrations des solutés et non des pressions partielles de gaz.

Le phénomène de perméation peut être représenté par le coefficient de perméation P avec $P = S \cdot D$ (en $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$). Les variations du coefficient P dépendent de la température, des paramètres structuraux du polymère ainsi que de la forme des perméants. On parle de contrôle thermodynamique (faible solubilité) et cinétique (faible diffusion) de la perméation. Dans le cas des corps creux, deux types de contacts sont présents : un contact liquide-polymère pour la bouteille et un contact vapeur-polymère pour le bouchon.

3. Interactions des composés d'arôme avec les polymères plastiques

Lors d'un contact d'un aliment avec son emballage, un transfert de molécules de l'aliment vers l'emballage peut avoir lieu. Un certain nombre de facteurs influencent la sorption de composés d'arôme (Figure 03).

3.1 Influence de la nature du polymère

Pour les polymères semi-cristallins (polyoléfines et PET) qui sont les emballages les plus utilisés pour le contact alimentaire, le taux de cristallinité du polymère influence le taux de sorption. Plus la cristallinité du polymère augmente plus la sorption diminue car la sorption a lieu dans les zones amorphes du polymère. Ainsi, pour le PET la sorption sera d'autant plus importante que le taux de cristallinité sera faible, son taux de cristallinité pouvant varier de 20 à 45 % (**Van Willige et al.**, 2001).

Lorsque le matériau plastique est à l'état caoutchoutique ($T > T_g$) à température ambiante (cas des polyoléfines), la quantité de volumes libres dans la structure est plus importante, favorisant ainsi la sorption des composés d'arôme (**Landois-Garza et Hotchkiss**, 1987). Donc plus la température de transition sera basse et plus la solubilisation des composés d'arôme au sein du matériau sera importante du fait de l'état caoutchoutique du matériau.

3.2 Influence des conditions de stockage

Van Willige et al., (2001) ont étudié l'influence de la température de stockage sur une solution synthétique contenant dix composés d'arôme au contact de différents emballages plastiques (PEBD, PP, PC, PET et PEN). La sorption des composés d'arôme est moins importante dans le PC, le PET et le PEN, par contre elle est plus fortement influencée par la température dans ces mêmes plastiques. En passant de 4 à 40°C, la sorption totale, après 28 jours de stockage, est multipliée par 13 dans une bouteille de PET. La température favorise la sorption des composés d'arôme dans le PET.

Une étude de **Ducruet et al.**, (2001) s'intéresse à l'influence de l'emballage sur la stabilité de l'arôme d'un sirop de fraise pendant la durée de vie du produit. Durant les cinq premiers mois du stockage, les différents emballages testés (verre, PET et PVC) ne présentent pas de différences importantes. Par contre des différences notables surviennent après 250 et 330 jours de stockage. Après 250 jours, il y a plus d'esters dans le sirop conservé dans le PET que dans le verre. Après 330 jours, il y a plus d'esters dans le sirop conservé dans le verre que dans le PET. La cinétique des transferts est donc différente en fonction de l'emballage utilisé. Ces phénomènes seront à considérer pour déterminer la DLUO, notamment dans le cas de polymères à l'état vitreux comme le PET.

3.3 Affinité entre le polymère et les composés d'arôme

a. En solutions modèles

Il a été montré que les polymères polaires ont tendance à sorber des molécules polaires tandis que les polymères apolaires ont tendance à sorber des molécules apolaires. Par exemple, si les polyoléfines (PP ou PEBD) sorbent plus les composés apolaires comme les esters à longue chaîne, les polymères polaires (PA ou EvOH) sorbent majoritairement les alcools en raison des liaisons hydrogène ou forces de Van der Waals qui peuvent avoir lieu (**Nielsen et al.**, 1992). La sorption des composés d'arôme apolaires comme les terpènes décroît dans les polymères de la façon suivante : PEBD, PEHD, PP, PS, PVC, PC, PET. Une affinité entre le polymère et les composés d'arôme a donc pour effet de modifier le profil aromatique de l'aliment emballé.

Néanmoins, la plupart des études réalisées sur la sorption sont effectuées sur des solutions modèles d'arômes à des concentrations beaucoup plus élevées que dans le cas des matrices alimentaires comme le jus d'orange. Ces concentrations élevées permettent de faciliter les dosages analytiques, mais ne permettent pas d'expliquer les phénomènes mis en évidence sur

aliment. D'autre part, ces différentes études ne s'assurent pas toujours de la solubilité des composés d'arômes introduits dans la solution modèle. Si les composés d'arômes sont introduits en excès, ils ne vont pas se solubiliser et la phase huileuse formée peut interagir de manière exagérée et non réaliste avec le matériau d'emballage mis au contact.

b. Influence de la matrice alimentaire

La composition de la matrice alimentaire a une influence sur les transferts d'arômes vers l'emballage. Cet effet est double : il peut être à la fois cinétique, par augmentation de la viscosité du milieu (la vitesse de transfert des molécules d'arômes est ralentie) et thermodynamique en modifiant le coefficient de partage de la molécule d'arôme entre le polymère et la solution en contact. Les lipides sont connus pour leur capacité de rétention des composés d'arôme apolaires, et s'opposent à leur transfert vers des matériaux d'emballage apolaires tels que les polyoléfinés (**Van Willige et al.**, 2000).

Le jus d'orange est un système hétérogène constitué de 2 phases :

- le sérum : phase aqueuse limpide contenant les composés solubles comme les sucres ou les acides organiques,
- la pulpe (et le trouble) : phase insoluble dans l'eau constituée de particules dont la taille varie de 0,05 μm à quelques centaines de μm (**Klavons et al.**, 1994).

Les différentes tailles de particules présentes dans la pulpe différencient la pulpe de dépôt (250 à 1000 μm), la pulpe flottante (quelques μm à 350 μm) et le trouble (0,4 à 5 μm). Les particules qui constituent le trouble sont connues pour être des protéines, des pectines, de la cellulose et hémicellulose, de l'hespéridine et des lipides (**Klavonset al.**, 1994). **Radford et al.** ont étudié en 1974 la répartition des composés aromatiques les plus abondants entre la pulpe et le sérum du jus d'orange. La pulpe et le sérum ont été séparés par centrifugation. Ainsi, les composés apolaires comme les terpènes se retrouvent principalement dans la pulpe tandis que les composés polaires oxygénés (esters et alcools) se retrouvent dans le sérum.

Ces mêmes auteurs ont également montré que plus la longueur de la chaîne des composés polaires est grande, plus le composé est lié à la pulpe (**Radford et al.**, 1974). En effet plus la longueur de la chaîne est importante plus la molécule acquiert un caractère hydrophobe proche de celui des hydrocarbures terpéniques.

Cette répartition des composés d'arôme a été étudiée plus récemment par **Brat et al.** (2003) entre le sérum, la pulpe et le trouble et ont confirmé une teneur élevée en hydrocarbures monoterpéniques et sesquiterpéniques dans la pulpe par rapport au sérum.

Shimoda et al. (1984) ont montré que l'augmentation du taux de pulpe dans le jus d'agrumes

semble diminuer fortement la sorption des composés aromatiques comme le limonène dans l'emballage. Les composés d'arômes resteraient plus facilement dans le jus car ils seraient retenus par les constituants naturels plutôt que sorbés par le polymère.

Ce phénomène a été observé dans une étude de Leufven et **Hermasson** (1994) sur du jus de tomate. Les auteurs montrent que la quantité de composés d'arôme sorbés dans le PET était moindre lors du contact avec la matrice réelle que lors du contact avec une solution eau/éthanol. Les interactions entre les composés d'arôme et les différentes phases et constituants s'opposent au transfert vers l'emballage.

3.4 Effet de la sorption des composés d'arôme sur la perméabilité à l'oxygène de l'emballage

L'absorption des composés d'arôme par l'emballage plastique peut avoir une incidence non négligeable sur la perméabilité à l'oxygène. **Van Willige et al.** (2002) ont montré que l'absorption des composés d'arôme augmentait la perméabilité à l'oxygène du PP alors qu'elle n'avait pas d'effet sur la perméabilité du PC et du PET. Sadler et **Braddock** (1990) ont étudié l'absorption du limonène par du PEBD et ont établi une corrélation entre la quantité de limonène absorbée et la perméabilité à l'oxygène du matériau.

Selon **Hernandez et al.** (1999) deux effets possibles peuvent expliquer ce phénomène :

- les composés d'arôme et les molécules d'oxygène seraient en compétition pour les mêmes sites, réduisant de ce fait la solubilité de l'oxygène,
- les composés d'arôme gonfleraient le polymère (phénomène décrit sous le terme de plastification), relâchant la structure et augmentant ainsi le volume libre donc la diffusion de l'oxygène.

Cette augmentation de la perméabilité à l'oxygène au cours du stockage peut être néfaste à la qualité d'un produit comme le jus d'orange, accélérant les phénomènes d'oxydation et donc la perte de qualité nutritionnelle et organoleptique.

4. Bisphénol A

Son nom chimique complet est le 4,4-isopropylidènediphénol. Il est formé par la condensation d'acétone et de deux noyaux phénols. Il a été synthétisé en 1891 par le chimiste russe Alexandre Dianin. En 1930 le biochimiste anglais Charles Edward Dodds qui cherchait des œstrogènes de synthèse a découvert qu'il avait une activité biologique similaire à celle des œstrogènes. Il a finalement abandonné cette molécule au profit du diéthylstilbestrol, ou DES plus connu en France sous le nom de distilbène qui a été utilisé dans les années 1950 et 1960 avec des conséquences tragiques. Sa capacité à polymériser a été mise en évidence en 1905

par le chimiste allemand Thomas Zinckes et il a été développé pour ce type d'application à la fin des années 1957 par l'industrie chimique. C'est un composé chimique aromatique de synthèse utilisé dans la fabrication industrielle des plastiques de type polycarbonates (2/3 de la production) et de celle des résines époxy (1/3). Les polycarbonates sont présents dans un grand nombre d'objets courants (CD, lunettes, pièces automobiles, certaines bouteilles plastiques, biberons, jouets d'enfants). On retrouve les résines époxy dans les revêtements intérieurs des boîtes de conserve ou les amalgames dentaires. Le bisphénol A entre également dans la composition du PVC et de certains plastifiants ainsi que dans les papiers thermosensibles (délivrés par les caisses enregistreuses). (**Anonyme,2013**)

Selon les agences sanitaires internationales, la principale source d'exposition de la population générale est alimentaire. Elle résulte du passage du bisphénol A dans l'aliment ou la boisson à partir des polymères plastiques et résines époxy utilisés pour les surfaces des contenants / emballages. En effet du BPA résiduel peut migrer des divers contenants alimentaires qui contiennent le polymère et contaminer la nourriture ou la boisson qui est contenue. C'est le cas lors d'un chauffage prolongé, après exposition à des produits acides ou lors de lavage avec des détergents agressifs et rinçage insuffisant. Les travaux de l'équipe de Pierre-Louis Toutain à Toulouse suggèrent que le BPA peut entrer dans l'organisme par la muqueuse située sous la langue et non pas seulement par voie intestinale. On suspecte également des sources d'exposition par contact, à travers la peau. (**Anonyme,2017**)

4.1 Niveau d'exposition chez l'homme

Les mesures de bisphénol A effectuées dans le sang, l'urine, le lait maternel et d'autres tissus indiquent que plus de 90 % des personnes vivant dans les pays occidentaux sont exposées à des niveaux détectables de bisphénol A. Chez l'adulte, on estime que la consommation de boissons contenues dans des bouteilles en polycarbonates, d'aliments en conserve ou de denrées chauffées au four. Microondes dans leur emballage, entraîne une ingestion moyenne de 0,1 µg de bisphénol A par kg de poids corporel et par jour. Des taux supérieurs à la limite de détection de 0,5 µg/l ont été retrouvés dans le placenta, le liquide amniotique et le fœtus chez les rongeurs et dans l'espèce humaine. Le bisphénol A est donc capable de passer la barrière placentaire et d'atteindre le fœtus. L'Agence nationale de sécurité sanitaire a mis en évidence des risques potentiels de l'exposition au BPA pour la santé des femmes enceintes et de leur fœtus notamment. Elle confirme la nécessité d'en réduire l'exposition. (**Anonyme,2018**)

Conséquences d'une exposition

L'exposition au bisphénol A pendant la phase de constitution des organes au cours de la gestation (e.g. au cours du développement) semble particulièrement critique. De nombreuses études mettent en effet l'accent sur les conséquences d'une exposition au bisphénol A *in utero* et pendant la lactation car elle est susceptible d'interférer directement avec le développement de l'embryon, puis du nouveau-né et d'engendrer des effets à long terme sur la reproduction du jeune et de l'adulte (mâle ou femelle). Chez le rat et la souris mâle, après exposition pendant la gestation et la période postnatale, plusieurs études révèlent des effets du bisphénol A sur l'appareil génital. La transmission à la descendance de certains de ces effets chez les rongeurs exposés suggère que le bisphénol A peut induire des altérations de l'information épigénétique et perturber l'expression de gènes. Chez les femelles après exposition pendant la gestation et la période postnatale, le BPA peut induire une puberté précoce, des altérations de l'utérus, du vagin, de l'ovaire, et de l'endomètre. Par ailleurs, après une exposition *in utero*, des anomalies du comportement maternel et du comportement sexuel sont observées dans les deux sexes. Des effets métaboliques ont également été observés. Les cellules pancréatiques semblent directement touchées par le bisphénol A entraînant des variations dans les sécrétions d'insuline et de glucagon, deux hormones qui jouent un rôle dans l'apparition du diabète de type 2. Une étude menée en Chine entre 2004 et 2008 a montré, chez des travailleurs fabriquant des produits à base de bisphénol A, que cette exposition (avec des niveaux environ 50 fois plus élevée qu'en population générale) était associée à une augmentation des troubles déclarés de leur fonction sexuelle. Par ailleurs, certains travaux ont montré une diminution de la concentration spermatique en association avec les taux urinaires de BPA. Cependant ces résultats ne sont pas retrouvés systématiquement et il demeure de nombreuses incertitudes sur l'importance de ce lien. Selon un travail américain, de fortes concentrations de bisphénol A (BPA) dans les urines pourraient être un signe prédictif de cancer de la prostate. Présent à un faible niveau, ce perturbateur endocrinien provoquerait des dommages au niveau cellulaire (en impactant le cycle cellulaire, augmentant le nombre de centrosomes). (Anonyme, 2010)

4.2 Mode d'action

Le bisphénol A est un perturbateur endocrinien, c'est à dire une substance étrangère à l'organisme qui produit des effets délétères sur l'organisme ou sa descendance, à la suite d'une modification de la fonction hormonale. De manière générale, il s'agit de substances chimiques d'origine naturelle ou artificielle qui peuvent interférer avec le fonctionnement des glandes

endocrines, organes responsables de la sécrétion des hormones. Cette action peut passer par différentes voies :

- Le perturbateur endocrinien peut mimer l'action d'une hormone naturelle et entraîner ainsi la réponse due à cette hormone
- La substance peut empêcher une hormone de se fixer à son récepteur et ainsi empêcher la transmission du signal hormonal
- Enfin la substance peut perturber la production ou la régulation des hormones ou de leurs récepteurs.

Par ses similitudes structurales à l'oestradiol, le bisphénol A est capable d'agir sur les récepteurs d'œstrogènes : ER α et ER β . Il est considéré comme un oestrogène faible parce que son affinité pour ces récepteurs est 10 000 fois inférieure à celle de du 17 β -oestradiol. Récemment des indications se sont accumulées suggérant que le BPA pourrait agir sur d'autres types de récepteurs. Il pourrait ainsi agir par l'intermédiaire du récepteur transmembranaire de l'oestradiol GPR30. Des effets via d'autres récepteurs nucléaires d'hormones tels que le récepteur de l'hormone thyroïdienne, le récepteur des androgènes, et les récepteurs des glucocorticoïdes, ont également été suggéré. Plus récemment, le récepteur nucléaire orphelin (ERR γ) a été montré pour capable de lier BPA avec une affinité mille fois plus forte que celle des récepteurs des œstrogènes. (**Anonyme**,2010)

1. Objectif

L'objectif de notre étude est d'évaluer les effets de la durée et des méthodes de conservation sur les paramètres physicochimiques et nutritionnels des jus de fruits commercialisés.

2. Échantillonnage

Le choix des échantillons de l'étude s'est porté sur trois différentes dates de conservation (Frais, conservés à un quart de la DLC (3mois) et un jus arrivé à moitié de conservation (6mois).

L'échantillonnage a été aléatoire et les échantillons ont été récupérés dans différents endroits de la wilaya de Mostaganem ainsi que dans les cités universitaires. Nous avons choisi pour cette étude un jus de fruit cocktail très consommé par le citoyen.

Les échantillons des jus de fruits ont été utilisés dans le présent travail, et décrits dans le tableau ci-contre

Tableau 03 : les échantillons de jus de fruits à analyser

Dénomination du jus	Cocktail frais	Cocktail conservé après 3 mois	Cocktail conservé après 6 mois
N° lot	C 201 14 :15	B 201 16 :36	A 201 09 :19
date de production	16/02/ 2018	28/04/2018	30/12/2017
Date de péremption	16/08/2018	28/10/2018	30/06/2018

3. Détermination de la teneur en matière sèche

La teneur en matière sèche est déterminée par la norme (AFNOR ; 1985

3.1 Méthode :

On prend pour chaque échantillon 5 ml de jus. L'aliquote est mise dans un creuset en porcelaine. Il faut noter que le creuset doit être pesé préalablement.

La deuxième étape consiste à déshydrater notre l'aliquote à l'étuve (105°C pendant 24h).

Après les 24 heures, les creuses seront refroidies dans le dessiccateur pendant 45 minutes, la matière sèche restante est alors pesée par différence avec la masse initiale, la quantité d'eau évaporée est ainsi déduite.

En ce qui concerne le calcul :

Après séchage :

La teneur en matière sèche (MS) en gramme de l'échantillon est calculée par l'expression suivante :

$$\text{MS (g)} = (\text{Poids du creuset} + \text{l'aliquote après séchage}) - \text{poids du creuset vide}$$

Calcul de la matière sèche en % :

$$\text{MS (\%)} = (\text{MS(g)}/\text{masse échantillon (g)}) \times 100$$

La teneur en eau de l'échantillon est calculée par l'expression suivante

$$\text{Teneur en eau (\%)} = 100 - \text{MS (\%)}$$

4. Détermination de la teneur en matière minérale (taux de cendre)

4.1 Principe

Les cendres sont déterminées par méthode gravimétrique après avoir calciné l'échantillon à analyser dans un four à moufles à 525 °C # 177 ; 25 °C

4.2 Modes opératoires ce mode opératoire a été décrit dans la norme française **NF : EN1135** :

Préparer l'échantillon à analyser.

Évaporer à sec 25 ml de l'échantillon à analyser dans une capsule de platine préalablement pesée (masse = m_a) à l'aide du bain-marie.

Chauffer lentement dans une hotte d'aspiration le résidu de combustion est devenu blanc. Laisser refroidir ensuite la capsule à température ambiante dans un dessiccateur et peser rapidement (masse = m_b).

Les résultats sont exprimés comme suit :

$$\text{Cendre} = 4 \times (m_b - m_a)$$

Avec : 4 : c'est le facteur de conversion de 25 ml à 100 ml.

5. Détermination de la matière organique

$$\text{MO (\%)} = \text{MS (\%)} - \text{MM (\%)}$$

6. Mesure du pH des jus de fruits

6.1 Méthode

Le mode opératoire suivant est décrit en détail dans la norme **ISO 1842-1991**

Étalonnage du pH-mètre grâce à des solutions tampons à des pH standards et connus. Prélever une prise d'essai de volume suffisant pour l'immersion de la sonde du pH-mètre, immerger la sonde du pH-mètre dans l'échantillon et lire la valeur du pH-mètre, réaliser 3 lectures pour chaque essai.

7. Détermination de l'acidité

7.1 Principe

Le principe de la méthode consiste à un titrage de l'acidité avec une solution d'hydroxyde de Sodium (NaOH) en présence de phénolphtaléine comme indicateur coloré.

7.2 Mode opératoire

Ce mode opératoire est décrit en détail dans la norme française **NF V 05-101**

Prélever 10 ml de l'échantillon et les verser dans un bécher muni d'un agitateur. Ajouter deux gouttes de phénolphtaléines (10g/l d'éthanol à 95% (v/v)) et tout en agitant verser dans la burette la solution d'hydroxyde de sodium (solution titrée de 0.1) jusqu'à l'obtention d'une coloration rose persistante pendant 30s.

8. Détermination du taux de Brix ou l'extrait sec

8.1 Principe

Mesurer à la température de 20°C l'indice de l'échantillon préparé et conversion de cet indice en résidu sec soluble.

8.2 Mode opératoire

Essayer le réfractomètre avec de l'eau distillée. Déposer une quantité de l'échantillon sur la lentille. Lire la valeur Brix directement sur le réfractomètre à l'exposition d'une source de lumière figure 05 et 06



Figure 05 : lecture du brix dans le réfractomètre **Figure 06** : réfractomètre

9. Détermination du taux de HMF

9.1 Principe

L'analyse a été effectuée selon de la méthode de **WINMLER** (2002). Cette mesure de la teneur en HMF est basée sur la mesure de l'absorbance de cette molécule par spectrophotométrie réglée à une longueur d'onde de 550nm, en présence d'acide barbiturique et de la paratoluidine.

Solution d'acide barbiturique

Dans une fiole jaugée de 100 ml on dissout 500 mg d'acide barbiturique dans 70 ml d'eau distillée jusqu'aux traits de jauge.

Solution de paratoluidine

Dans une fiole jaugée de 250ml, on dissout 25g de paratoluidine dans 50ml d'isopropanol.

Laisser la solution de paratoluidine à l'obscurité 24 heures avant son utilisation.

9.2 Mode opératoire

On prépare deux tubes à essai pour chaque échantillon, la préparation des échantillons et de la solution étalon est illustrée dans le tableau 04

Tableau 04 : préparation des échantillons et de la solution étalon

Réactifs	essai	
	Tube d'essai	Tube témoin
solution de miel	1 ml	1 ml
Réactif de la paratoluidine à 10%	2,5 ml	2,5 ml
solution d'acide barbiturique à 0,5 %	0,5 l	-
Eau distillée	-	0,5 ml

La préparation du tube à essai ne doit pas dépasser deux minutes

Expression des résultats

L'absorbance d'essai est mesurée par rapport au blanc à 550 nm dans les trois à quatre minutes en maximum.

La teneur en HMF est exprimée en mg pour 1 litre de jus, elle est donnée par la formule suivante :

$$\text{HMF (mg/ L)} = (192 \times A \times 10) / \text{prise d'essai en ml.}$$

Dont :

192 : facteur de dilution et coefficient d'extinction, obtenue expérimentalement à partir de l'HMF pur. A : absorbance.

10. Dosage du Bisphenol A

Les échantillons de Jus ont d'abord été enrichis de BPA marqué au carbone 13 avant d'être soumis à une dérivation en présence de bromure de benzylpentafluoré pendant 2 heures à 70 °C. Le dérivé benzylpentafluoré de BPA fut par la suite extrait à l'aide d'un mélange d'hexane et de dichlorométhane. Les extraits, une fois concentrés, ont été analysés par chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse en tandem (GC-MS-MS). La mesure des ions générés a été réalisée en mode MRM (Multiple Reaction Monitoring) avec une source fonctionnant en mode d'ionisation chimique négative (NCI) initiée à l'aide de méthane

Analyses statistiques

Les résultats ont été traités par analyse de variance bifactorielle suivie d'une comparaison de moyenne par le biais d'un logiciel (stat box 6.04) selon le test de Newman et Keuls.

Résultats et discussion

1. Matière sèche

Tableau 05 et figure 06 représentent les résultats de la teneur en matière sèche des différents jus

Tableau 05 : Teneur en matière sèche des différents jus

	Frais	Conservé après 3 mois	Conservé après 3 mois
Matière sèche (g)	0,58± 0,01 ^c	0,61± 0,01 ^b	0,64± 0,01 ^a

(N=3± ecartypes, les valeurs a,b et c sont des groupes homogènes indiquant une signification a p<0.05).

D'après nos résultats, nous observons qu'il y a une différence très significative observée entre les valeurs de la matière sèche des trois jus étudiés, de ce fait, on peut dire que la matière sèche des jus est en fonction de la durée de conservation. Toutefois, on peut estimer le rapport de différence entre le jus frais et le jus de six mois à 9.33 %.

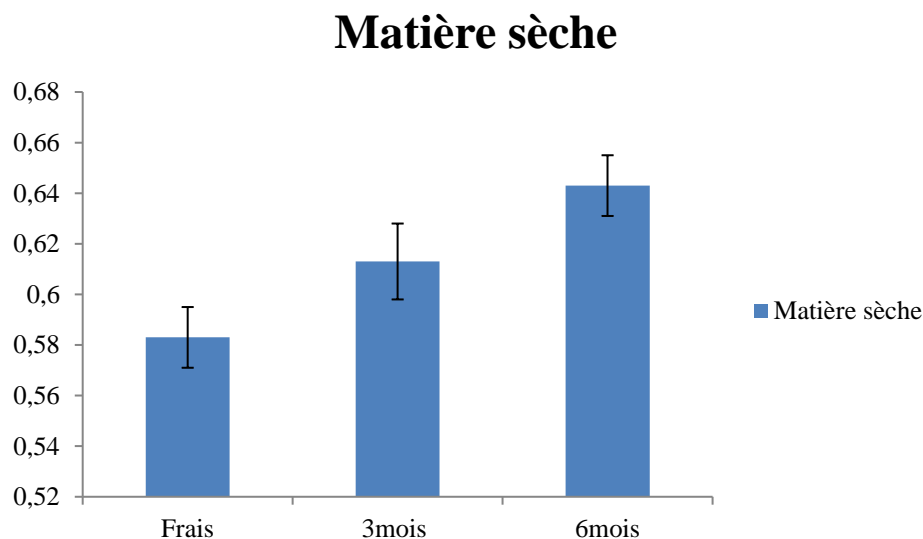


Figure 06 : Teneur en matière sèche des différents jus

2. Teneur en matière organique

Les résultats de la teneur en matière organique des jus sont illustrés dans le tableau 06 et la figure 07

Tableau 06 : Teneur en matière organique des différents jus

	Frais	Conservé après 3 mois	Conservé après 3 mois
Matière organique (g)	0,57 ± 0,02 b	0,62 ± 0,03 a	0,71 ± 0,07 a

(N=3± ecartypes, les valeurs a,b et c sont des groupes homogènes indiquant une signification a p<0.05).

D'après nos résultats, nous observons qu'il y a une différence significative observée entre les valeurs de la matière organique des trois jus étudiés, à cet égard, on peut dire que la matière organique des jus est en fonction de la durée de conservation. Toutefois, on peut estimer le rapport de différence entre le jus frais et le jus de six mois à 20.5 %.

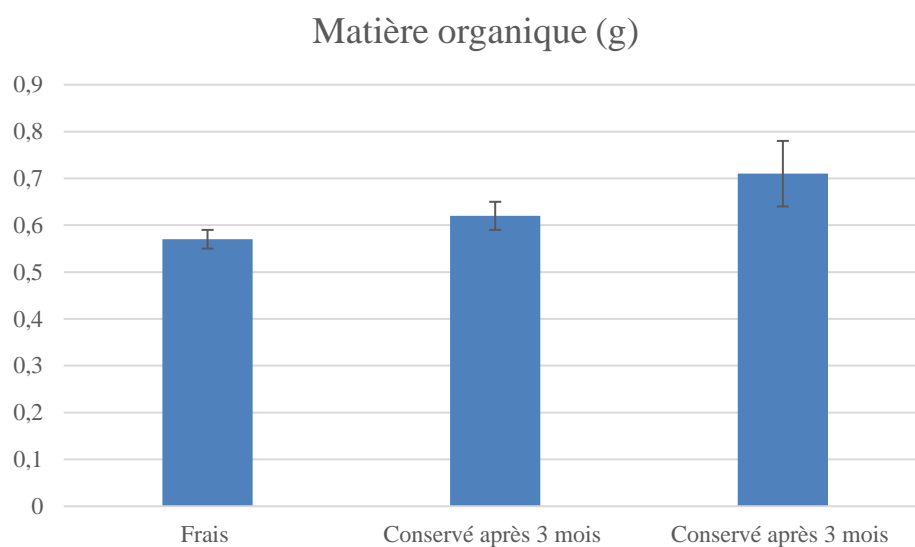


Figure 07 : Teneur en matière organique des différents jus

3. Teneur en eau

Les résultats de la teneur en eau dans différents jus sont illustrés dans le tableau 07 et la figure 08

Tableau 07 : la teneur en eau dans différents jus

	Frais	Conservé après 3 mois	Conservé après 6 mois
Teneur en eau (g)	97,71 ± 0,06 a	97,50 ± 0,03 b	97,46 ± 0,05 b

(N=3± ecartypes, les valeurs a, b et c sont des groupes homogènes indiquant une signification a p<0.05).

D'après nos résultats, nous observons qu'il y a une différence significative observée entre la teneur en eau des trois jus étudiés, à cet égard, on peut dire que la teneur en eau des jus est en fonction de la durée de conservation. Toutefois, on peut estimer le rapport de différence entre le jus frais et le jus de six mois à 0.25 %.

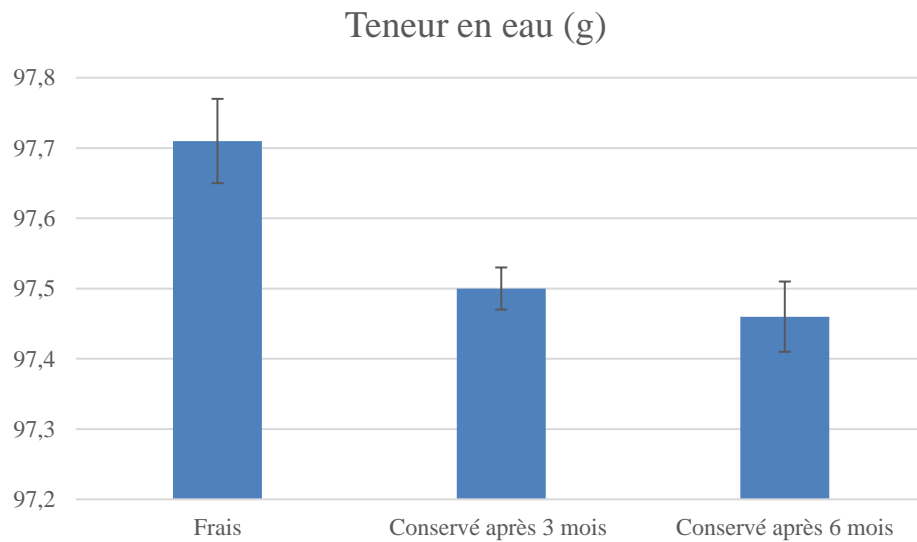


Figure 08 : Teneur en eau des jus

4. pH

Les résultats du pH des jus sont illustrés dans le tableau 08 et la figure suivants

Tableau 08 : pH des différents Jus

	Frais	Conservé après 3 mois	Conservé après 6 mois
pH	$3,41 \pm 0,07$ a	$3,41 \pm 0,2$ a	$3,45 \pm 0,04$ a

(N=3± ecartypes, les valeurs a,b et c sont des groupes homogènes indiquant une signification a $p < 0.05$).

D'après nos résultats, nous observons qu'aucune différence significative n'est observée entre les valeurs de pH des trois jus étudiés, donc, on peut dire que le pH des jus n'est pas fonction de la durée de conservation. Toutefois, on peut estimer le rapport de différence entre le jus frais et le jus de six mois à 11.27 %.

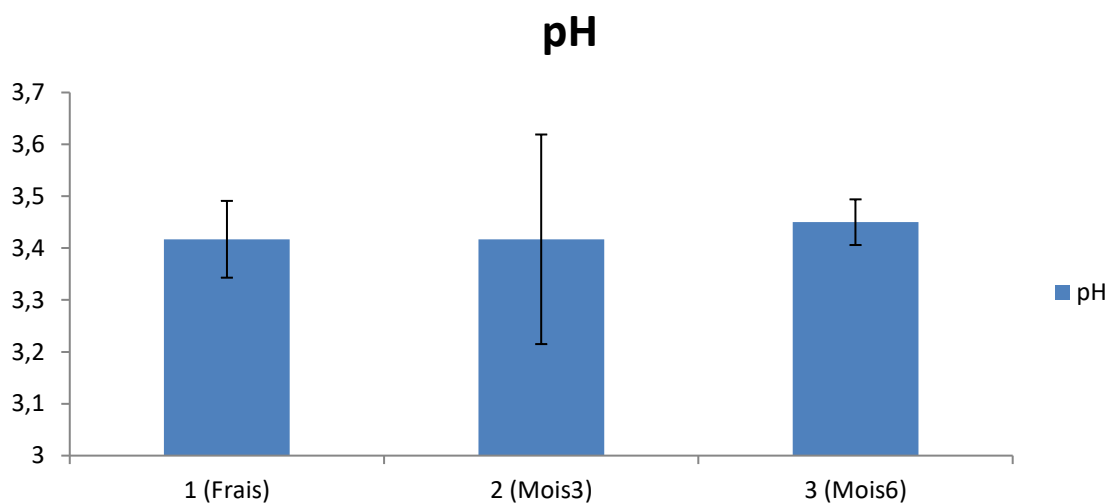


Figure 09 : pH des différents jus

5. Acidité

Les résultats de l'acidité des jus sont illustrés dans le tableau 09 et la figure 10

Tableau 09: l'acidité des différents jus.

	Frais	Conservé après 3 mois	Conservé après 3 mois
Acidité	4,01± 0,161a	5,933± 1,439a	5,18±0,295a

(N=3± ecartypes, les valeurs a,b et c sont des groupes homogènes indiquant une signification a p<0.05).

Nous avons remarqué qu'il n'existe pas une différence significative entre les valeurs de l'acidité des trois jus étudiés, à cet égard, on peut dire que la matière organique des jus n'est pas fonction de la durée de conservation. Toutefois, on peut estimer le rapport de différence entre le jus frais et le jus de six mois à 22.58 %.

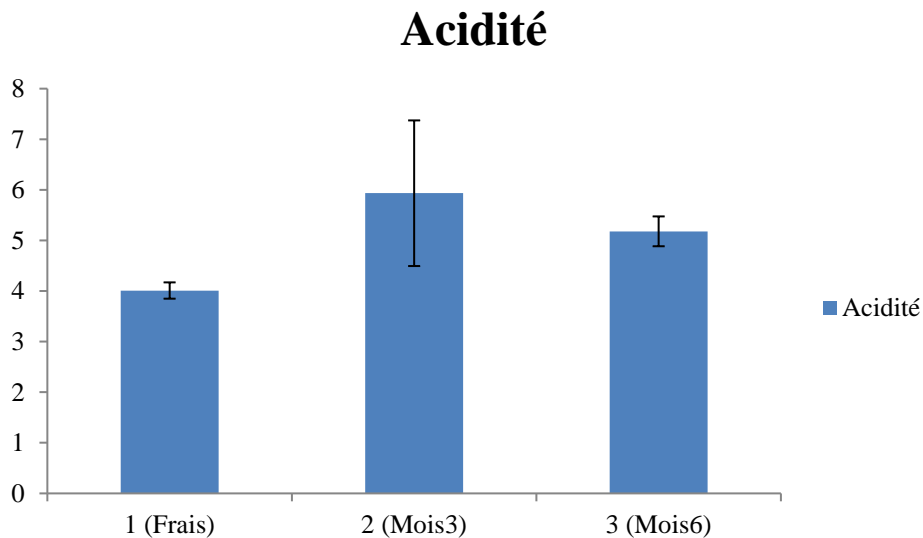


Figure 10 : l'acidité des différents jus.

6. Taux de Brix

Les taux de Brix des différents échantillons sont illustrés dans le tableau 10 et la figure 11

Tableau 10 : taux de Brix des différents Jus.

	Frais	Conservés 3 mois	Conservés 6 mois
Taux de Brix	$12,66 \pm 0,57a$	$13,2 \pm 0,1 a$	$13,16 \pm 0,2 a$

(N=3± ecartypes, les valeurs a,b et c sont des groupes homogènes indiquant une signification a $p < 0.05$).

Aucune différence significative n'est observée entre les taux de Brix des trois jus étudiés, de ce fait, on peut dire que le taux de Brix des jus n'est pas fonction de la durée de conservation. Toutefois, on peut estimer le rapport de différence entre le jus frais et le jus de six mois à 3.7%.

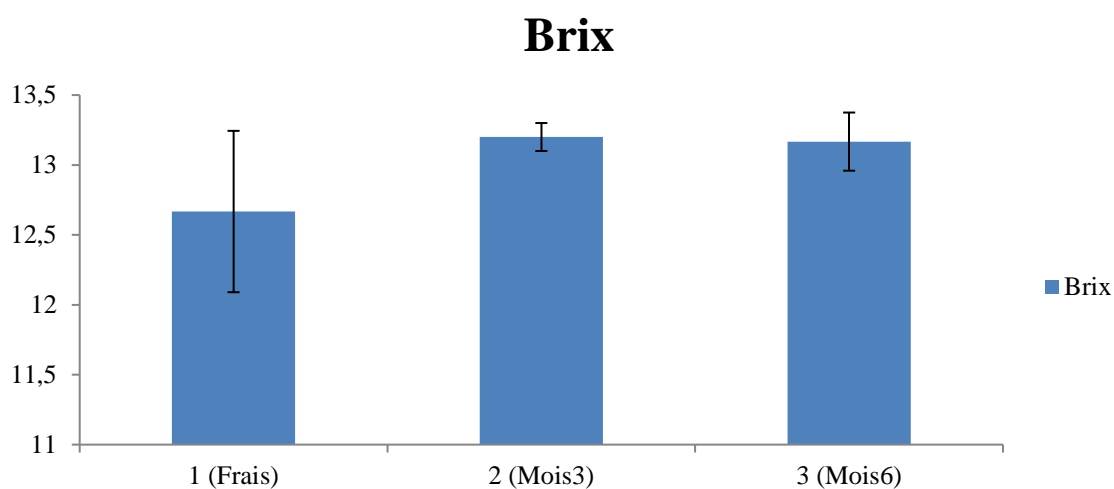


Figure 11 : Taux de Brix des différents Jus.

7. Taux de HMF

Les résultats du taux de HMF des jus sont illustrés dans le tableau 11 et la figure 12

Tableau 11 : taux de HMF des différents jus

	Frais	Conservés 3 mois	Conservés 6 mois
HMF (g/l)	25,6±0,554 b	29,76±0,345 b	104,32± 10,618 a

(N=3± ecartypes, les valeurs a,b et c sont des groupes homogènes indiquant une signification a p<0.05).

D'après nos résultats, nous observons qu'il y a une différence significative observée entre les valeurs de brix des trois jus étudiés, de ce fait, on peut dire que le brix des jus est en fonction de la durée de conservation. Toutefois, on peut estimer le rapport de différence entre le jus frais et le jus de six mois à 75.46 %.

L'effet de la conservation est nettement ressenti après 6 mois de conservation ce qui peut s'expliquer par l'apparition des produits des réactions de Maillard et des interactions entre le contenant et le contenu.

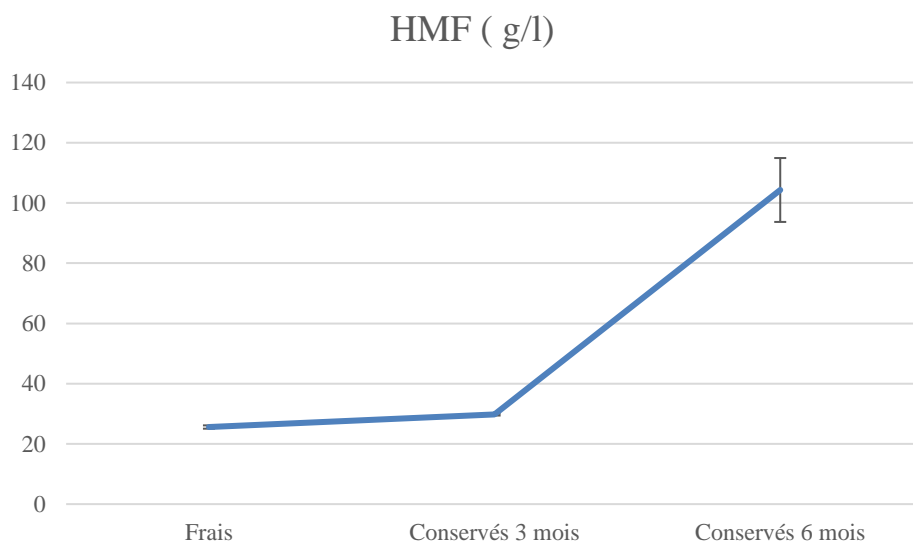


Figure 12 : Évolution Hydroxymethylfurfural des différents jus

Nous remarquons une évolution constante des valeurs du 5-hydroxymethyl furfural dans les différentes phases de conservation des Jus, l'évolution est exponentielle entre les jus conservés après trois mois et six mois et les différences sont hautement significative (p<0.01).

8. Migration moyenne du bisphenol A dans les jus

Les résultats des migrations du Bisphenol A sont illustrés dans le tableau 11 et la figure 12

Tableau 11 : Migration moyenne du BPA provenant dans les jus de fruit

	Jus Frais	Jus conservés après 3 mois	Jus conservés après 6 mois
Bisphenol A ($\mu\text{g/l}$)	$0,15 \pm 0,01^c$	$0,35 \pm 0,01^b$	$1,53 \pm 0,02^a$

(N=3± ecartypes, les valeurs a,b et c sont des groupes homogènes indiquant une signification a $p < 0.05$).

Nous avons remarqué que les taux de migration du Bisphenol A sont nettement supérieurs dans les jus conservés après 3 mois et après 6 mois (0.35 vs $1.53\mu\text{g/l}$) contre $0.2\mu\text{g/l}$ pour les notes (figure 12).

Les teneurs moyennes de migration du Bisphénol A augmentent significativement après 6 mois de conservation par rapport au jus frais. (90% d'augmentation).

Ces teneurs importantes peuvent s'expliquer par le fait du degré d'usure des contenants qui interagissent avec le contenu (**Dumas et al.**, 2008)

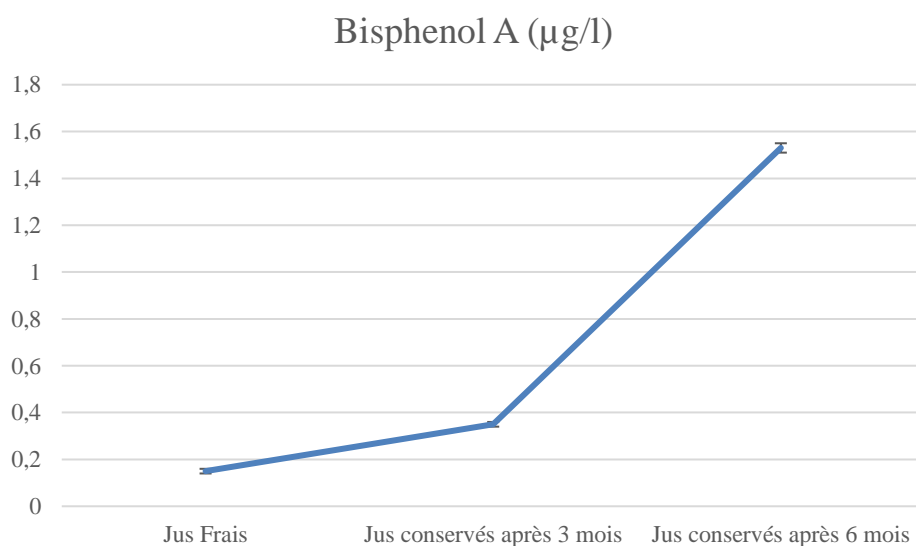


Figure 12 : migration des Bisphenol

Les jus de fruits ne sont pas de simples boissons. Ce sont des véritables aliments, des sources d'éléments protecteurs extrêmement variées, les plus connues étant les vitamines et le potassium. Faiblement énergétiques (50Kcal/100ml en moyenne), les jus de fruits contribuent à l'équilibre alimentaire. Ce sont d'excellentes sources de micro nutriments dont le rôle sur la santé est aujourd'hui bien démontré.

Suite à notre étude on peut conclure que la matière sèche des jus change en fonction de la durée de la conservation, il augmente de 0.58 à 0.63 dans les 6 mois de conservation, la teneur en matière organique change de 0.57 à 0.71 expliqué par la durée de conservation, concernant l'eau, il y a une augmentation significative après 6 mois de conservation. Par contre, en ce qui concerne le pH, l'acidité, et le taux de Brix des différents jus de fruits, aucune différence significative notée après 6 mois de conservation. Les taux de HMF montrent une augmentation très significative après 6 mois de leurs conservations estimées par un rapport de différence entre le jus frais et le jus conservé après 6 mois égale à 75.64% ce qui s'explique par une interaction entre les composés du jus et leur emballage qui donne lieu à l'apparition des produits des réactions de Maillard. Ainsi pour le Bisphenol A, nos résultats montrent qu'il y a une augmentation très significative après une durée de conservation prolongée.

Les conclusions du UNIJUS indiquent clairement la contribution des jus de fruits et de légumes dans la prévention des maladies cardio-vasculaires, de l'hypertension artérielle, de l'athérosclérose et de certains cancers grâce notamment à leur apport en antioxydant, mais aussi dans celle des maladies dégénératives de la vision.

Dans les perspectives, il serait souhaitable d'étudier l'effet de ce genre d'emballage sur les jus naturels et leurs impacts sur la santé du consommateur, ainsi que d'essayer d'inventer d'autre contenant qui peut interagir dans le bon sens avec les produits contenus.

Il faut également faire attention à son emballage. Les vitamines C s'évaporent plus facilement quand le jus de fruits est emballé dans un emballage carton ou plastique et ce même sans l'avoir ouvert... C'est pourquoi il faut privilégier les emballages en verre et conserver la boisson au frais.

Le jus d'orange, c'est aussi l'ennemi de nos dents, il attaque fortement l'émail. Les spécialistes recommandent de le boire à l'aide d'une paille. Il faut également éviter de se brosser les dents tout de suite après, mais 30 minutes plus tard afin de laisser la salive faire.

Références bibliographiques

B

Benamara S, Agougou A.,2003 Jus Alimentaire.Ed :2.01.4280.Office des Publication Universitaire.122P.

Besançon P. (1990) Besoins alimentaires et qualité nutritionnelle des aliments. In Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments[JC Cheftel, H Cheftel, P Besançon and editors]. Paris: TEC & DOC, Lavoisier

Braddock R.J. (1999). Juice processing operations. In Handbook of citrus by-products and processing technology. New York: Wiley. 35-51.

Brat P., Rega B., Alter P., Reynes M., Brillouet J.M. (2003). Distribution of volatile compounds in the pulp, cloud, and serum of freshly squeezed orange juice. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51 (11), 3442-3447.

Brat P., George S., Bellamy A., Du Chaffaut L., Scalbert A., Mennen L., Arnault N. & Amiot M. J. (2006) Daily polyphenol intake in France from fruit and vegetables. J Nutr136, 2368-2373.

C

CODEX STAN 247-2005 (2005). "Codex Alimentarius - Codex General Standard for Fruit Juices and Nectars " www.codexalimentarius.net.

D

Ducruet V., Fournier N., Saillard P., Feigenbaum A., Guichard E. (2001). Influence of packaging on the aroma stability of strawberry syrup during shelf life. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49 (5), 2290-2297.

G

grosupdijon, Derttech«Packtox», université de Bourgogne, 1, esplanade Erasme,21000 Dijon, France

H

Hrebicek S. (2003) Les vitamines dans les boissons aux fruits. In Les vitamines dans les industries agroalimentaires/dir. Claude Bourgeois, Collection Sciences et techniques agroalimentaires, Paris : Tec & Doc. 361-386.

Hernandez-Munoz P., Catala R., Gavara R. (1999). Effect of sorbed oil on food aroma loss through packaging materials. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 47 (10), 4370-4374.

(http://www.contactalimentaire.com/index.php?id=563&backPid=562&begin_at=10&tt_news=17&cHash=ac550eb68e) (Anonyme, 2010) consulté le 10/05/2018

http://www.francetvinfo.fr/decouverte/ces-objets-du-quotidien-qui-contiennent-du-bisphenola_299983.html (Anonyme, 2013) consulté le 15/05/2018

<http://alternatives.blog.lemonde.fr/2013/04/12/le-b-a-ba-dune-vie-sans-plastique-et-sans-bpa/>
(Anonyme,2017) consulté le 06/06/2018.

K

Klavons J.A., Bennet R.D., Vannier S.H. (1994). Physical, chemical nature of pectin associated with commercial orange juice cloud. *Journal of Food Science*, 59 (2), 399-401.

L

Landois-Garza J., Hotchkiss J.H. (1987). Plastic packaging can cause aroma sorption. *Food Engineering*, 59 (4), 39-42.

N

Nève J. (2002) Optimisation of dietary intakes of antioxidants. *Nutrition Clinique et Métabolisme*16, 292-300.

Nielsen T.J., Jägerstad I.M., Öste R.E., Wesslén B.O. (1992). Comparative absorption of low molecular aroma compounds into commonly used food packaging polymer films. *Journal of Food Science*, 57 (2), 491-492.

R

Radford T., Kawashima K., Friedel P.K., Pope L.E., Gianturco M.A. (1974). Distribution of volatile compounds between the pulp and the serum of some fruit juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 22 (6), 1066-1070.

S

Shimoda M., Nitanda T., Kadota N., Otha H., Suetsuna K., Osajima Y. (1984). Adsorption of Satsuma mandarin juice aroma on plastic films. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, 31 (11), 697-703.

T

Ting S. V. (1980) Nutrients and Nutrition of Citrus fruits. In *Citrus Nutrition and Quality*, pp. 10 [S Naguy and JA Attaway, editors]. Houston, Texas:ACS Symposium series.

V

Van Willige R.W.G., Linssen J.P.H., Voragen A.G.J. (2000a). Influence of food matrix on absorption of flavour compounds by linear low-density polyethylene: proteins and carbohydrates. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80 (12), 1779-1789.

Van Willige R.W.G., Schoolmeester D., Van Ooij A., Linssen J.P.H., Voragen A.G.J. (2001). Influence of storage and temperature on absorption of flavor compounds from solutions by plastic packaging materials. *Journal of Food Science*, 67, 2023-2031.

Van Willige R.W.G., Linssen J.P.H., Meinders M.B.J., Van der Stege H.J., Voragen, A.G.J. (2002). Influence of flavour absorption on oxygen permeation through LDPE, PP, PC and PET plastics food packaging. *Food additives and contaminants*, 19 (3), 303-313

Résumé

Plusieurs produits alimentaires représentent un vrai poison pour la santé de l'Homme, par leurs compositions en premier lieu, ainsi que la modification de différents paramètres de ce dernier. Le jus de fruits l'une des denrées alimentaires consommées à grande échelle, ce qui nous fait appeler à l'étudier plus en plus.

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'effet de la durée de la conservation sur les paramètres physicochimiques et nutritionnels de jus des fruits commercialisés. La problématique est par conséquent : dans quelle mesure les caractéristiques d'un jus de fruits industriel conservé à une DLC donnée vont être modifiées.

Pour répondre à la problématique, trois échantillons de trois différentes dates de conservation ont été récupérés pour analyse. Les résultats récupérés montrent qu'il y a une différence significative entre les trois jus pour chaque échantillon concernant la matière sèche, teneur en matière organique, teneur en eau et beaucoup plus les teneurs en HMF dont le jus frais a un taux de HMF égale à 25,6 g/l augmente à 104,32 pour le jus conservé après 6 mois et les teneurs en Bisphenol A augmentent avec le prolongement de la durée de conservation des jus.

Mots clés : Jus de fruits, HMF, Bisphenol A, Taux de Brix