



Etude comparative de l'influence de la désamerisation par le sel sur la qualité sensorielle de deux confitures : bigarade et pamplemousse

Samira LAGHA-BENAMROUCHE ^{a,b}

^a Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université M'Hamed Bougara, Boumerdès 035000, Algérie

^b Laboratoire de recherche Technologie douce, Valorisation, Physicochimie de Matériel Biologique et Biodiversité, Faculté des Sciences, Université UMBB, Boumerdès 35000, Algérie

Résumé

Ce travail a pour objectif la comparaison de l'influence de la méthode de désamerisation sur la qualité sensorielle de deux confitures : bigarade et pamplemousse. Le sel, la chaleur et l'eau sont considérés comme des éléments moteurs dans l'opération de désamerisation. Dans le cadre de cette étude le facteur sel a été variable ; six taux de sel ont été fixés au cours de cette opération. Ils correspondent aux six pourcentages (0 ; 0,3125 ; 0,625 ; 1,25 ; 2,5 et 5 %) de sel pris en fonction du poids du fruit. Les résultats montrent que l'amertume a disparu totalement pour des concentrations de 2,5 % pour la bigarade et 5 % pour le pamplemousse. Les résultats montrent également que c'est la confiture de bigarade, désamérisée à la concentration en sel de 2,5 %, qui est la plus appréciée. Le test de préférence montre que c'est la confiture de bigarade qui est la plus préférée pour toutes les concentrations testées.

Mots-clés : Bigarade ; Pamplemousse ; Confiture ; Désamérisation ; Qualité sensorielle.

Comparative study of the influence of desamerization by salt on the sensory quality of two jams: bitter orange and grapefruit

Abstract

The objective of this work is the comparison of the influence of the desamerization method on the sensory quality of two jams: bitter orange and grapefruit. Salt, heat and water are considered to be the driving forces in the desamerization operation. In the context of this study, the salt factor was variable; six salt levels were set during this operation. They correspond to the six percentages (0; 0.3125; 0.625; 1.25; 2.5 and 5%) of salt taken according to the weight of the fruit. The results show that the bitterness has completely disappeared for concentrations of 2.5% for bitter orange and 5% for grapefruit. The results also show that bitter orange jam, desamerized at a salt concentration of 2.5%, is the most appreciated. The preference test shows that bitter orange jam is the most preferred for all the concentrations tested.

Keywords: Bigarade; Grapefruit; Jam; Desamerization; Sensory quality.

1. Introduction

La grande famille de *Rutaceae* (Rutacées) désigne aussi bien les arbres et arbustes des genres *Citrus*, *Fortunella* et *Poncirus*, plus rarement des plantes herbacées des zones tempérées. Avec ces 145 espèces dénombrées, le genre *Citrus*, qui donne les fruits communément appelés « agrumes¹ », est le plus important. C'est au sein de ce genre que se rencontrent les principales espèces d'agrumes consommées : les

citrons, les pamplemousses, les mandarines, les clémentines, les kumquats, la lime (citron vert) et le pomélo [1,2].

Les agrumes sont consommés généralement crus ou sous forme de jus en raison de leur valeur nutritive élevée² et de leur saveur particulière [3]. Parmi les agrumes on trouve le pamplemousse (*Citrus maxima* L.) et la bigarade (*Citrus aurantium* L.) qui sont peu cultivés en Algérie. Ils sont rarement consommés frais

¹ Mot d'origine italienne, du latin médiéval « acrumen », qui signifie saveur âcre

² <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/aliments-nutrition/saine-alimentation/donnees-nutritionnelles/tableau-5-fruits-fruits-valeur-nutritive-quelques-aliments-usuels-2008.html>



car ils sont très acides. La présence de certains flavonoïdes (Neohesperidine, Naringine, ...etc.) dans leurs écorces donne aux fruits un goût amer, qui est ressenti dans les préparations des confitures à bases de ces fruits [4,5]. Ces derniers sont caractérisés par leur richesse en eau, en fibres alimentaires (pectines, cellulose, et autre polysaccharides), en minéraux, en vitamines et en métabolites secondaires (les huiles essentielles et les composés phénoliques) à potentiel antioxydant important [6]. L'oranger amer ou le bigaradier est inscrit dans la liste des 454 plantes médicinales³ inscrites à la Pharmacopée Française établie en Janvier 2021 pouvant bénéficier d'une autorisation de mise sur le marché (AMM)⁴ en tant qu'alimentaire (Avis aux fabricants n°90/22 bis de 1990) et qui contient 35 indications thérapeutiques approuvées.

Ce travail consiste à étudier et à comparer l'influence de la désamérisation par le sel sur la qualité sensorielle des confitures à base de bigarade et de pamplemousse. Le travail s'inscrit dans la perspective de valoriser le pamplemousse et la bigarade (réservoir de composés phytochimiques) sous forme de confiture par la désamérisation de leurs écorces, qui est source d'amertume, par la technique de salaison.

Matériels et méthodes

1.1. Collecte des échantillons

L'orange amère (*Citrus aurantium* L. cv. Bigarade) et le pamplemousse (*Citrus maxima* L. cv. Blanc) ont été récoltés à Boumerdes (région située à 45 Km à l'Est de la capitale Alger) La récolte a été faite d'une manière aléatoire à partir de plusieurs arbres appartenant à la même variété durant la période janvier et février de l'année 2018.

1.2. Désamérisation des écorces et préparation des confitures

1.2.1. Désamérisation

Le sel, la chaleur et l'eau sont considérés comme des éléments indispensables à l'opération de désamérisation.

Dans le cadre de cette étude, le facteur sel était la variable. Ainsi, six taux (0 ; 0,3125 ; 0,625 ; 1,25 ; 2,5 et 5 %) ont été utilisés, et ce, en fonction du poids du fruit. L'écorce du fruit préalablement coupée en morceaux, et immergée dans de l'eau salée pendant 4 heures, puis préchauffée dans des marmites en Inox pendant cinq (5) minutes après ébullition. L'eau chaude versée et ensuite remplacée par de l'eau froide avec l'ajout de sel pour le trempage (3 fois à intervalle de 4 heures). Le dernier préchauffage est réalisé avec de l'eau sans sel pour dessaler les écorces et éliminer l'auxiliaire.

1.2.2. Cuisson

Les écorces ont été égouttées et les quartiers du fruit nettoyés, coupés en petits morceaux de 2×3 cm et les pépins mis dans un nouet. Les fruits ont été pesés et le même poids d'eau a été pris avec 1,5 fois de sucre pour préparer le sirop. Ce dernier a été laissé cuit jusqu'au perlé. A ce moment, les fruits et le nouet sont ajoutés et l'ensemble a été cuit pendant 45 à 50 minutes en écumant. Au cours de l'ébullition, la température et la concentration en sucre ont été contrôlées. Cette dernière a été arrêtée quand la concentration a atteint (60 à 65°Brix)⁵ à l'aide d'un réfractomètre.

1.3. Evaluation sensorielle

1.3.1. Test de classement

L'épreuve de classement est utilisée lorsque l'on suspecte que les produits diffèrent sur une caractéristique organoleptique précise ; elle permet ainsi de comparer directement les produits entre eux. La tâche du dégustateur consistait à lui présenter une série de confitures codée et à lui demander de les classer par ordre d'intensité d'amertume. Les échantillons sont présentés simultanément dans un ordre croissant (ou décroissant) d'intensité d'amertume. Chaque dégustateur avait reçu les produits à déguster et devait répondre à un questionnaire pour chaque type de confiture à part.

³ <https://ansm.sante.fr/uploads/2021/03/25/liste-a-des-plantes-medicinales-utilisees-traditionnellement-4.pdf>

⁴ Processus d'enregistrement en Algérie : http://staff.univ-batna2.dz/sites/default/files/ouahab-ammam/files/autorisation_de_mise_sur_le_marche.pdf

⁵ Brix : L'échelle de mesure de la fraction de saccharose dans un liquide, c'est-à-dire le pourcentage de matière sèche soluble.

1.3.2. Epreuve hédonique

L'épreuve hédonique a pour objectif d'évaluer le degré d'appréciation du produit par un consommateur. Cette épreuve est utilisée lorsque les produits sont différents et que l'on connaît les caractéristiques sensorielles sur lesquelles les produits peuvent être différents.

1.3.2.1. Test hédonique

L'importance de ce test réside dans le fait qu'il ne nécessite pas l'évaluation simultanée de tous les produits étudiés dans un ordre bien défini ; mais il suppose une bonne mémoire sensorielle l'échelle de notation. Une fois codifiés, les produits ont été présentés à un panel de 35 dégustateurs, chacun d'eux a reçu les échantillons dans des gobelets codés à trois chiffres. L'ordre de présentation des échantillons a été aléatoire. Chaque dégustateur devait répondre à un questionnaire pour chaque type de confiture à part.

1.3.2.2. Test de préférence

Ce test permet au consommateur de faire un choix entre deux produits ; il choisit un échantillon par rapport à un autre ou il n'a pas de préférence. Des produits codifiés ont été présentés devant les 36 dégustateurs (36 dégustateurs pour le test de préférence pour les autres tests 35 dégustateurs parce que pour le test de préférence avec 35 dégustateurs on ne retrouve pas la valeur sur la table du test binominal à deux queues). Chaque dégustateur reçoit à la fois les deux confitures (bigarade et pamplemousse) de même concentration en sel de désamérisation et devait répondre à un questionnaire.

1.4. Etude statistique

Nous avons appliqué le test de comparaisons multiples par paires des sommes des rangs pour déterminer quels sont les couples d'échantillons qui diffèrent entre eux. Pour les résultats de l'analyse hédonique, les catégories ont été converties en notations numériques allant de 1 à 9, où 1 correspond à « N'aime pas du tout » et 9 « Aime beaucoup ». Les notations de chaque échantillon sont présentées sous forme de tableaux et analysées au moyen de l'analyse de variance,

à un facteur sans répétition, pour déterminer s'il y a des différences significatives dans le degré d'appréciation moyen entre les échantillons.

Concernant les résultats du test de préférence on s'est servi de la table du test binominal à deux queues pour l'interprétation des résultats [7].

2. Résultats et Discussions

Le présent travail a fait uniquement l'objet d'une comparaison avec nos données bibliographiques. La base de données investie n'apporte pas d'autres résultats publiés sur les procédés de désamérisation et leur influence sur la qualité nutritionnelle et sensorielle des produits. Le présent travail est une initiation dans cet axe de recherche.

2.1. Classements selon le degré d'amertume

Pour traiter les données issues des tests de classement, dans un premier temps nous avons calculé toutes les différences entre les sommes des rangs des produits pris 2 à 2. Puis, dans un second temps, on a lu la valeur critique à l'intersection de la colonne (produits) et de la ligne (dégustateurs) sur la table de Newell et Mac Farlane correspondante au risque $\alpha \leq 5\%$. Toute différence calculée entre les produits égale ou supérieure à cette valeur critique signifie que les produits correspondants peuvent être considérés comme différents.

Les résultats du tableau 1 montrent que les valeurs calculées, à partir des comparaisons multiples par paires, pour les confitures désamérisées et la confiture amère de bigarade sont supérieures à la valeur critique. La différence d'amertume perçue entre la confiture amère et les confitures désamérisées est significative. Les dégustateurs trouvent que ces dernières sont perçues moins amères ($p < 0,05$). La confiture amère est classée donc dans un groupe différent des autres, soit le groupe (A).

Les comparaisons multiples par paires des trois confitures désamérisées avec le NaCl aux pourcentages suivants : 0,3125 % ; 0,625 % et 1,25 % ont conduit à l'absence de différence significative dans le degré de désamérisation entre ces dernières ; les dégustateurs trouvent que ces confitures sont moins amères que la

précédente mais ne diffèrent pas entre elles, elles sont donc classées dans un autre groupe (B).

La valeur calculée pour les confitures désamérisées avec le NaCl aux pourcentages : 1,25 % et 2,5 % est supérieure à la valeur critique. On conclut que la

différence d'amertume perçue entre les deux échantillons est significative et les deux confitures sont classées dans deux groupes différents.

Tableau 1

Comparaisons multiples par paires des sommes des rangs pour le degré d'amertume de la confiture de bigarade.

Echantillons	Effectif (n)	Somme des rangs	Différences des rangs entre les paires possibles	Valeur critique pour $p \leq 0,05$ Nombre de produits = 5	Groupes
Amère (1)	35	61	(2)-(1) = 40* (3)-(1) = 42* (4)-(1) = 42* (5)-(1) = 83*	37	A
CD NaCl 0,312 % (2)	35	101	(3)-(2) = 02 (4)-(2) = 02 (5)-(2) = 43*	37	B
CD NaCl 0,625 % (3)	35	103	(4)-(3) = 00 (5)-(3) = 41*	37	B
CD NaCl 1,25 % (4)	35	103	(5)-(4) = 41*	37	B
CD NaCl 2,5 % (5)	35	144			C

CD : Confiture désamérisée, * : Significatif au seuil $p \leq 0,05$

Les résultats du tableau 2 montrent que les valeurs calculées à partir des comparaisons multiples par paires pour les confitures désamérisées et la confiture amère de pamplemousse sont supérieures à la valeur critique.

La différence d'amertume perçue entre la confiture amère et les confitures désamérisées est significative.

Les dégustateurs trouvent que ces dernières sont perçues moins amères ($p < 0,05$). La confiture amère est classée donc dans un groupe différent des autres, soit le groupe (A).

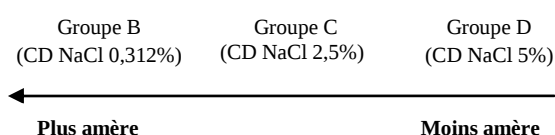
Tableau 2

Comparaisons multiples par paires des sommes des rangs pour le degré d'amertume de la confiture de pamplemousse.

Echantillons	Effectif (n)	Somme des rangs	Différences des rangs entre les paires possibles	Valeur critique pour $p \leq 0,05$ Nombre de produits=6	Groupes
Amère (1)	35	36	(2)-(1) = 62* (3)-(1) = 93* (4)-(1) = 88* (5)-(1) = 108* (6)-(1) = 162*	45	A
CD NaCl 0,312 % (2)	35	98	(6)-(2) = 100* (5)-(2) = 46* (4)-(2) = 26 (3)-(2) = 31	45	B
CD NaCl 0,625 % (3)	35	129	(6)-(3) = 69* (5)-(3) = 15 (3)-(4) = 05	45	BC
CD NaCl 1,25 % (4)	35	124	(6)-(4) = 74* (5)-(4) = 20	45	BC
CD NaCl 2,5 % (5)	35	144	(6)-(5) = 54*	45	C
CD NaCl 5 % (6)	35	198			D

CD : Confiture désamérisée, * : Significatif au seuil $p \leq 0,05$

La comparaison multiple des paires de confitures : (CD NaCl 0,312 % - CD NaCl 2,5 %) et (CD NaCl 2,5 % - CD NaCl 5 %) montre que la valeur calculée pour chaque paire est supérieure à la valeur critique. Les dégustateurs trouvent que ces confitures sont différentes ($p < 0,05$) du point de vue amertume et les classent dans des groupes différents selon l'intensité d'amertume :



Pour les deux confitures : CD NaCl 0,625 % et CD NaCl 1,25 %, la valeur calculée est inférieure à la valeur critique. Ces deux confitures sont placées dans le même groupe.

Les comparaisons multiples par paires montrent que les confitures CD NaCl 0,625 % et CD NaCl 1,25 % ne diffèrent pas significativement des confitures CD NaCl 0,3125 % et CD NaCl 2,5 %. Les deux confitures CD NaCl 0,625 % et CD NaCl 1,25 % sont donc placées dans un groupe intermédiaire entre celui de CD NaCl 0,3125 % et de CD NaCl 2,5 % ; soit le groupe BC.

Notre résultat est en accord avec ceux de Lagha-Benamrouche *et al.* [8] et Lagha-Benamrouche et Benkaci [9], Ces derniers rapportent le sel de table diminue significativement ($p \leq 0,05$) l'amertume des confitures à base de bigarade et de pamplemousse, respectivement. Ces mêmes auteurs, rapportent également que la désamérisation diminue l'acidité, les sucres, les protéines et les teneurs en composés bioactifs (vitamine C, caroténoïdes et polyphénols) et augmente le taux de cendres. Les confitures désamérisées présentaient une faible teneur en antioxydants par rapport à la confiture amère mais indépendamment de ça elle reste une bonne source de composés bioactifs avec un potentiel antioxydant dans l'alimentation. Selon

Lagha-Benamrouche et Benkaci [9], la confiture désamérisée de pamplemousse montre un potentiel antioxydant plus prononcé (56,35 % à 86,34 %) en comparaison avec celle de bigarade (22,48 % à 56,23 %) [8] et les confitures de cerise, d'abricot et de figue (10,06 % ; 9,95 % et 8,96 %, respectivement), selon Rababah *et al.* [10].

2.2. Epreuve hédonique

Les méthodes hédoniques portent sur les préférences des consommateurs et ont pour but de comparer l'appréciation hédonique globale de différents produits en se focalisant sur les ressentis individuels liés au plaisir ou déplaisir provoqué par l'aliment. Contrairement à l'analyse sensorielle descriptive, ces méthodes font appel à des dégustateurs naïfs n'ayant eu aucune pratique de l'analyse sensorielle [11].

2.2.1. Test de préférence

Les résultats du test de préférence (Tableau 3) sont analysés en se servant du test binominal à deux queues. On utilise la table à deux queues avec :

X : Nombre de dégustateurs ayant majoritairement choisis l'une des deux confitures (pamplemousse ou Bigarade)

n : Nombre total des dégustateurs.

Les résultats montrent que pour toutes les paires analysées, les valeurs lues sur la table sont inférieures au risque α (5 %). Cela signifie que quel que soit la concentration en sel utilisée pour la désamérisation, les dégustateurs préfèrent significativement la confiture de Bigarade à celle du pamplemousse. Les dégustateurs trouvent qu'elle semble être la moins amère pour toutes les concentrations de sel testées. Les dégustateurs constatent également que la confiture de pamplemousse perd son amertume à une concentration en sel de 5 % MF.

Tableau 3
Résultats du test de préférence

	Nombre de dégustateur préférant la confiture de Bigarade	Nombre de dégustateur préférant la confiture de pamplemousse	Valeur critique pour n =36 et $\alpha=5\%$
Amère	30	5	0,001*
CD NaCl 0,312 %	25	10	0,047*
CD NaCl 0,625 %	25	10	0,047*
CD NaCl 1,25 %	25	10	0,047*
CD NaCl 2,5 %	25	10	0,047*

CD : Confiture désamérisée, * : Significatif au seuil $p \leq 0,05$

2.2.2. Test de notation hédonique

Le test de notation hédonique vise à capturer le statut hédonique d'un ou plusieurs produits dans le but de les comparer. Pour cela il est demandé aux dégustateurs de noter les produits présentés généralement successivement, sur une échelle dite

d'intervalle numérique. Néanmoins, l'échelle hédonique à 9 points semble être la plus fréquemment utilisée dans la littérature [12].

Les catégories descriptives ont été converties en notations numériques ; les résultats par catégorie du test hédoniques sont donnés par les tableaux 4 et 5.

Tableau 4
Résultats par catégorie de test hédonique des confitures désamérisées de Bigarade

Nombre de dégustateurs	Confitures désamérisée (Traitement)				Dégustateur total	Dégustateur moyenne
	CD NaCl 0,3125 %	CD NaCl 0,625 %	CD NaCl 1,25 %	CD NaCl 2,5 %		
1	2	2	1	7	12	3
2	7				7	1,75
3	3	1	1	8	13	3,25
5	4		3		7	1,75
7		4			4	1
9	6	6			12	3
10			7		7	1,75
15	5	7			13	3,25
16			8		8	2
31				9	9	2,25
Total traitement	175	192	217	310		
Grand total					92	
Moyenne traitement	5	5,5	6,2	8		

CD : Confiture désamérisée.

Tableau 5
Résultats par catégorie de test hédonique des confitures désamérisées de pamplemousse

Nombre de dégustateurs	Confitures désamérisée (traitement)					Dégustateur total	Dégustateur moyenne
	CD NaCl 0,3125 %	CD NaCl 0,625 %	CD NaCl 1,25 %	CD NaCl 2,5 %	CD NaCl 2,5 %		
2		7	8	1		16	3,2
3			1	5		6	1,2
5			7			7	1,4
6		2				2	0,4
7	4		3			7	1,4
8			4			4	0,8
10	3		5	6	6	20	4
12		3				3	0,6
15		4				4	0,8
18	2					2	0,4
20				7		7	1,4
25					8	8	1,6
Total traitement	74	122	157	217	260		
Grand total						86	
Moyenne traitement	2,1	3,5	4,5	6,2	7,4		

CD : Confiture désamérisée.

Les coefficients F pour le traitement et les dégustateurs ont été calculés en divisant les valeurs de carrés moyens (CM) respectives par le CM de l'erreur. Les coefficients F calculés doivent dépasser celles dans le tableau de distribution F (signification à $p \leq 5\%$)⁶. Les tableaux 6 et 7 de l'analyse de variance résument les résultats obtenus pour la somme des carrés, les degrés de liberté et des coefficients F pour les confitures de Bigarade et de pamplemousse, respectivement.

Tableau 6
Analyse de la variance pour le test hédonique de la confiture de bigarade.

Source de la variation	DL	SC	CM	Coefficient F	
				Calculé	Table ($p \leq 0,05$)
Total (T)	119	572			
Traitement (Tr)	3	306	76,4	25,13	2,68
Dégustateurs (D)	34	132,3	12,02	3,95	1,55
Erreurs (E)	82	133,7	3,04		

DL : Degrés de liberté, SC : Somme des carrés, CM : Carré moyen.

Tableau 7 :
Analyse de la variance pour le test hédonique de la confiture de pamplemousse.

Source de la variation	DL	SC	CM	Coefficient F	
				Calculé	Table ($p \leq 0,05$)
Total (T)	174	157,9			
Traitement (Tr)	4	129,9	32,48	29,9	2,37
Dégustateurs (D)	34	32,7	12,32	14,67	1,46
Erreurs (E)	136	20,17	0,84		

DL : Degrés de liberté, SC : Somme des carrés, CM : Carré moyen.

Pour la confiture de Bigarade, le coefficient F calculé pour le traitement (F 25,13) dépasse le coefficient du tableau (F 2,68), il a été conclu qu'il existe une différence significative ($p \leq 0,05$) entre les moyennes des résultats hédoniques pour les quatre confitures désamérisées. Les résultats indiquent également que le coefficient calculé pour les dégustateurs (F 3,95) dépasse le coefficient de la table (F 1,55). Un tel résultat révèle donc un effet significatif attribuable aux dégustateurs.

L'analyse de la variance a indiqué qu'il y avait des différences significatives entre les quatre confitures désamérisées.

⁶ Voir annexe en fin d'article

Afin de déterminer quels échantillons de confiture diffèrent significativement de l'autre, un test de comparaison multiple a été effectué; [Le test de comparaison multiple de Duncan](#)⁷, utilisant les tables de valeurs critiques (valeurs Q) à un niveau de signification de 5 %. Ce test compare les différences entre toutes les paires de moyennes. Si la différence entre les paires de moyennes est supérieure à la valeur de l'écart calculé, cette différence est significative ($p < 0,05$). Les valeurs des écarts sont calculées d'après le nombre de moyennes qui se trouve entre les deux moyennes testées, quand les moyennes sont classées par ordre de taille.

Confitures désamérisée	CD NaCl 0,3125 %	CD NaCl 0,625 %	CD NaCl 1,25 %	CD NaCl 2,5 %
Moyenne traitement	5	5,5	6,2	8

Pour procéder au test de Duncan, les moyennes de traitement ont été placées dans l'ordre décroissant, comme indiqué ci-dessous :

Pour comparer les quatre moyennes de cet exemple, on a calculé la valeur des écarts pour une gamme de 4,3 et 2 moyennes avec l'équation suivante :

$$\text{Ecart} = Q \sqrt{\frac{CM(E)}{t}} \quad (1)$$

Ecart= Q (0,29)

t étant le nombre de réponses individuelles utilisées pour calculer chaque moyenne. Les valeurs de Q sont données à partir du tableau des valeurs critiques pour le test de comparaisons multiples de Duncan ($p \leq 0,05$).

On a besoin de Df (E), soit de 82 degrés de liberté (Tableau 6), pour calculer la valeur de Q.

- Valeur de Q pour 4 moyennes= 3,045
- Valeur de Q pour 3 moyennes=2,947
- Valeur de Q pour 2 moyennes=2,8

Les valeurs des écarts sont les suivants :

- Ecart pour 4 moyennes= 3,045 (0,29) = 0,88
- Ecart pour 3 moyennes= 2,947 (0,29) = 0,85
- Ecart pour 2 moyennes= 2,8 (0,29) = 0,81

Lorsque la différence moyenne est supérieure à la valeur d'écart, la différence entre ces deux moyennes est

donc significative. On procède de la façon indiquée ci-dessous jusqu'à ce qu'on ait fait les comparaisons entre toutes les moyennes :

- 8-5= 3* >0,88
- 8-5,5= 2,5* >0,88
- 8-6,2= 1,8* >0,88
- 6,2-5= 1,2* >0,85
- 6,2-5,5= 0,7 <0,85
- 5,5-5= 0,5 <0,81

Les différences significatives entre les moyennes sont présentées ci-dessous en utilisant des lettres (a, b et c). Les moyennes suivies des lettres différentes diffèrent significativement au niveau de probabilité de 5 %.

Confitures désamérisée	CD NaCl 0,3125 %	CD NaCl 0,625 %	CD NaCl 1,25 %	CD NaCl 2,5 %
Moyenne traitement	5 (c)	5,5 (back)	6,2 (b)	8 (a)

Les résultats montrent que les dégustateurs ont préféré de manière significative la CD NaCl 2,5 % à tous les autres échantillons et trouvent qu'elle n'est pas du tout amère. Il en fut de même pour la CD NaCl 1,25 %. Les dégustateurs trouvent son amertume presque indétectable et ont moyennement apprécié les CD NaCl 0,625 % et CD NaCl 0,3125 %.

Pour la confiture de pamplemousse, le coefficient F calculé pour le traitement (F 29,9) dépasse le coefficient F du tableau 7 (F 2,37), nous concluons qu'il existe une différence significative ($p \leq 0,05$) entre les moyennes des résultats hédoniques pour les cinq confitures désamérisées. Les résultats indiquent également que le coefficient calculé pour les dégustateurs (F 14,67) dépasse le coefficient de la table (F 1,46). Un tel résultat révèle donc un effet significatif attribuable aux dégustateurs.

L'analyse de la variance a indiqué qu'il y avait des différences significatives entre les cinq confitures désamérisées. Afin de déterminer quels échantillons de confiture diffèrent significativement de l'autre, un test de comparaison multiple a été effectué.

Pour comparer les cinq moyennes, la valeur des écarts pour une gamme de 5,4, 3 et 2 moyennes a été calculé par l'équation (1) avec : Ecart= Q (0,15). Les valeurs de Q étant données à partir du tableau des

⁷ <https://www.statsoft.fr/concepts-statistiques/glossaire/t/test-duncan.html>

valeurs critiques pour le test de comparaisons multiples de Duncan ($p \leq 0,05$).

On a besoin de Dl (E), soit de 136 degrés de liberté (Tableau 7) pour calculer la valeur de Q .

- Valeur de Q pour 5 moyennes = 3,059
- Valeur de Q pour 4 moyennes = 3,017
- Valeur de Q pour 3 moyennes = 2,918
- Valeur de Q pour 2 moyennes = 2,77

Les valeurs des écarts sont les suivants :

- Ecart pour 5 moyennes = 3,059 (0,15) = 0,46
- Ecart pour 4 moyennes = 3,017 (0,15) = 0,45
- Ecart pour 3 moyennes = 2,918 (0,15) = 0,43
- Ecart pour 2 moyennes = 2,77 (0,15) = 0,41

On procède de la même façon, comme indiqué précédemment, jusqu'à ce qu'on ait fait les comparaisons entre toutes les moyennes :

- $7,4 - 2,1 = 5,3^* > 0,46$
- $7,4 - 3,5 = 3,9^* > 0,46$
- $7,4 - 4,5 = 2,9^* > 0,46$
- $7,4 - 6,2 = 1,2^* > 0,46$
- $6,2 - 2,1 = 4,1^* > 0,45$
- $6,2 - 3,5 = 2,7^* > 0,45$
- $6,2 - 4,5 = 1,7^* > 0,45$
- $4,5 - 3,5 = 1^* > 0,43$
- $4,5 - 2,1 = 2,4^* > 0,43$
- $3,5 - 2,1 = 1,4^* > 0,41$

Les différences significatives entre les moyennes ont été présentées en se servant des lettres. Les moyennes suivies des lettres différentes différaient significativement au niveau de probabilité de 5 %.

Confitures désamérisée	CD NaCl 0,3125 %	CD NaCl 0,625 %	CD NaCl 1,25 %	CD NaCl 2,5 %	CD NaCl 5 %
Moyenne traitement	2,1 (e)	3,5 (d)	4,5 (c)	6,2 (b)	7,4 (a)

Les dégustateurs ont, de façon significative, moyennement préféré la CD NaCl 5 % qu'ils trouvent moins amère. La majorité d'entre eux lui ont attribué la note de 06 et ont été significativement indifférents par rapport à la CD NaCl 2,5 %. Les résultats montrent également qu'ils n'ont pas apprécié les CD NaCl 1,25 %, CD NaCl 0,625 % et CD NaCl 0,3125 qu'ils trouvent très amères.

Nos résultats convergent avec ceux d'un travail antérieur où nous avons également constaté que le sel «

réduit considérablement l'amertume des confitures [8]. Cependant l'analyse hédonique montre que la confiture de pamplemousse est plus amère que celle de bigarade ; les dégustateurs ayant préféré de manière significative la confiture de bigarade CD NaCl 0,625 % à tous les autres échantillons et ont apprécié de la même manière les CD NaCl 0,3125 %, CD NaCl 1,25 % et CD NaCl 2,5 %.

Selon Lagha-Benamrouche et Benkaci [9], les dégustateurs ont privilégié la confiture de pamplemousse CD NaCl à 5 %, qu'ils trouvaient moins amer, suivie de la CD NaCl 2,5%. La majorité a attribué un score de 8 à la CD NaCl 5%. Les résultats montrent également que les dégustateurs étaient indifférents au CD NaCl 1,25 % et qu'ils n'aimaient pas du tout la CD NaCl 0,625 % et la CD NaCl 0,3125 qu'ils trouvaient très amers. Cependant l'analyse hédonique montre que la confiture de pamplemousse est plus amère que celle de bigarade ; les dégustateurs ayant préféré de manière significative la confiture de bigarade CD NaCl 0,625 % à tous les autres échantillons et ont apprécié de la même manière les CD NaCl 0,3125 %, CD NaCl 1,25 % et CD NaCl 2,5 %.

3. Conclusion

L'objectif de ce travail a été de valoriser le pamplemousse et la bigarade sous forme de confiture par la désamérisation de leurs écorces. Le sel, la chaleur et l'eau sont considérés comme des éléments indispensables à la désamérisation. Dans le cadre de cette étude le facteur sel a été variable ; dont six taux ont été fixés au cours de cette opération. Ils correspondent aux six pourcentages (0 ; 0,3125 ; 0,625 ; 1,25 ; 2,5 et 5 %) de sel pris en fonction du poids du fruit.

Les résultats de l'analyse sensorielle ont montré que le sel diminue significativement l'amertume des confitures, et que celle-ci disparaissait totalement pour des concentrations de 2,5 % pour la bigarade et 5 % pour le pamplemousse. L'analyse hédonique a montré aussi que la confiture la plus appréciée par les 35 dégustateurs, participants au test, est celle de la bigarade désamérisée avec une concentration en sel de 2,5 %.

La comparaison par paire (test de préférence) des deux confitures a montré que c'est la confiture de

bigarade qui est la plus appréciée pour toutes les concentrations testées.

Références

- [1] Haineault S., Les vertus thérapeutiques des agrumes : citron, lime, pamplemousse et orange. 2^{ème} Ed. Quebecor. France (2007), 152. EAN 9782764017395
- [2] Gautier M., La culture fruitière, Volume 2 : Les productions fruitières. 2^{ème} Ed. Coll. Agriculture d'Aujourd'hui, Tec & Doc. Paris (1993), 582.
- [3] Josipura K.J., Hu F.B., Manson J.E., Stampfer M.J., Rimm E.B., Speizer F.E. *et al*, The effect of fruit and vegetable intake on risk for coronary heart disease, *Ann. Intern. Med.*, 134 (12) (2001): 1106- 1114. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-134-12-200106190-00010>
- [4] Susser A., Great Citrus Book: A Guide with Recipes. Ten Speed Press. Berkeley California (1997), 158. ISBN-10: 0898158559
- [5] Espiard E., Introduction à la transformation industrielle des fruits. Ed. Lavoisier Tec & Doc. France (2002), 368. ISBN 10 : 2743005262 ; ISBN 13 : 9782743005269.
- [6] Cheigh C.I., Chung E.Y., Chung M.S., Enhanced extraction of flavanones hesperidin and narirutin from *Citrus unshiu* peel using subcritical water, *J. Food Eng.*, 110 (3) (2012): 472–477. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.12.019>
- [7] Watts B.M., Ylimaki G.L., Jeffery L. and Elias L.G., Méthodes de base Pour l'Evaluation Sensorielle des Aliments, Ed. CRDI. Canada Ottawa (1991), 159. Disponible en ligne. URL : <https://idl-bnc-idrc.dspacedirect.org/bitstream/handle/10625/3774/IDL-3774.pdf?sequence=1> (Consulté le 29/06/2021)
- [8] Lagha-Benamrouche S., Benaissa T., Sadoudi R., Desamerization of Bitter Jam: Biochemical and Sensory Quality, *J. Food Qual.*, 2 (2018): 1-13. <https://doi.org/10.1155/2018/8178059>
- [9] Lagha-Benamrouche S. and Benkaci Z., Influence of desamerization on the quality of a jam based on grapefruit, Iran. *J. Chem. Chem. Eng.*, Doi: [10.30492/IJCCE.2020.117382.3830](https://doi.org/10.30492/IJCCE.2020.117382.3830) (Article in press).
- [10] Rababah T., Al-Mahasneh M.A., Kilani I., Yang Y., Alhamad M.N., Ereifej K. and Aludatt M-H., Effect of jam processing and storage on total phenolics, antioxidant activity, and anthocyanins of different fruits, *J. Sci. Food Agric.*, 91 (6) (2011): 1096–1102. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4289>
- [11] Stone H. and Sidel J., Sensory evaluation practices. A volume in Food and technology. 3^{ème} Ed. Academic press. Redwood City (2004), 408. ISBN: 9780126726909; eBook ISBN: 9780080474359
- [12] Jones L.V., David R., Peryam L. and Thurstone L., Development of scale for measuring soldier's food preferences, *J. Food Sci.*, 20 (5) (1955): 512-520. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1955.tb16862.x>

Annexe : Distribution de F à un seuil de signification de 5 % [7]

$\nu_1 \backslash \nu_2$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	161.45	199.60	215.71	224.58	230.16	233.99	236.77	238.88	240.54
2	18.513	19.000	19.164	19.247	19.296	19.330	19.353	19.371	19.385
3	10.128	9.5521	9.2766	9.1172	9.0135	8.9406	8.8868	8.8452	8.8123
4	7.7086	6.9443	6.5914	6.3883	6.2560	6.1631	6.0942	6.0410	5.9988
5	6.0079	5.7881	5.4095	5.1922	5.0503	4.9503	4.8759	4.8183	4.7725
6	5.9874	5.1433	4.7571	4.5337	4.3874	4.2839	4.2068	4.1488	4.0990
7	5.5914	4.7374	4.3488	4.1203	3.9715	3.8660	3.7870	3.7257	3.6767
8	5.3177	4.4590	4.0662	3.8378	3.6876	3.5806	3.5005	3.4381	3.3881
9	5.1174	4.2585	3.8626	3.6331	3.4817	3.3738	3.2927	3.2296	3.1789
10	4.9646	4.1028	3.7083	3.4780	3.3258	3.2172	3.1355	3.0717	3.0204
11	4.8443	3.9823	3.5874	3.3567	3.2039	3.0946	3.0123	2.9480	2.8962
12	4.7472	3.8853	3.4903	3.2592	3.1059	2.9961	2.9134	2.8486	2.7964
13	4.6672	3.8056	3.4105	3.1791	3.0254	2.9153	2.8321	2.7669	2.7144
14	4.6001	3.7389	3.3439	3.1122	2.9582	2.8477	2.7642	2.6987	2.6458
15	4.5431	3.6823	3.2874	3.0556	2.9013	2.7905	2.7066	2.6408	2.5876
16	4.4940	3.6337	3.2389	3.0069	2.8524	2.7413	2.6572	2.5911	2.5377
17	4.4513	3.5915	3.1968	2.9647	2.8100	2.6987	2.6143	2.5480	2.4943
18	4.4139	3.5546	3.1599	2.9277	2.7729	2.6613	2.5767	2.5102	2.4563
19	4.3808	3.5219	3.1274	2.8951	2.7401	2.6283	2.5435	2.4768	2.4227
20	4.3513	3.4928	3.0984	2.8661	2.7109	2.5990	2.5140	2.4471	2.3928
21	4.3248	3.4668	3.0725	2.8401	2.6848	2.5727	2.4876	2.4205	2.3661
22	4.3009	3.4434	3.0491	2.8167	2.6613	2.5491	2.4638	2.3965	2.3419
23	4.2793	3.4221	3.0280	2.7955	2.6400	2.5277	2.4422	2.3748	2.3201
24	4.2597	3.4028	3.0088	2.7763	2.6207	2.5082	2.4226	2.3551	2.3002
25	4.2417	3.3862	2.9912	2.7587	2.6030	2.4904	2.4047	2.3371	2.2821
26	4.2262	3.3690	2.9761	2.7426	2.5868	2.4741	2.3883	2.3205	2.2655
27	4.2100	3.3541	2.9604	2.7278	2.5719	2.4591	2.3732	2.3053	2.2501
28	4.1960	3.3404	2.9467	2.7141	2.5581	2.4453	2.3593	2.2913	2.2360
29	4.1830	3.3277	2.9340	2.7014	2.5454	2.4324	2.3463	2.2782	2.2229
30	4.1709	3.3158	2.9223	2.6896	2.5336	2.4205	2.3343	2.2662	2.2107
40	4.0848	3.2317	2.8387	2.6060	2.4495	2.3359	2.2490	2.1802	2.1240
60	4.0012	3.1504	2.7581	2.5252	2.3683	2.2540	2.1665	2.0970	2.0401
120	3.9201	3.0718	2.6802	2.4472	2.2900	2.1760	2.0887	2.0164	1.9588
∞	3.8415	2.9957	2.6049	2.3719	2.2141	2.0988	2.0096	1.9384	1.8789

Note : Dans ce tableau, il faut remplacer le point décimal par la virgule décimale.
Ce tableau donne les valeurs de F pour lesquelles $I_F(\nu_1, \nu_2) = 0,05$.