

EFFET DE LA CYSTEINE ET DU CHLORHYDRATE DE CYSTEINE SUR LE BRUNISSEMENT NON ENZYMATIQUE DU JUS D'ORANGE

BELLAJI M.* et KAAANANE A.**

ملخص

في هذا البحث تمت دراسة مدى تأثير السيستيين وكلوريدات السيستيين على تكون الاسمرار الغير الانزيمي في عصير البتقال المبتسر والمخزون في 45 درجة مائوية حرارية وفي الحرارة العادية.

لقد أثبتت نتائج هذا البحث، أن الكامن الهيدروجيني والحموضة لا يتغيران خلال التخزين وأن تحلل فيتامين سين، وتكون الفرفرال والاسمرار أوجدوا تفاعلات ذات نسبة متعدلة ومتقاربة الصفر.

إن كثافة التفاعلات تتغير حسب طبيعة وتركيب العنصر الإضافي في العصير وحسب درجة حرارة التخزين.

كما بين التحليل الإحصائي أن زيادة 40 أو 120 أو 240 مغ/ليتر من السيستيين تقلل من تكون الفرفرال والاسمرار عند التخزين في 45 درجة مائوية. ولوحظت نفس النتيجة بزيادة 120 أو 240 أو 300 مغ/ليتر من كلوريدات السيستيين، لكن تقليل انحلال فيتامين سين لم يلاحظ إلا عند زيادة 300 مغ/ليتر من كلوريدات السيستيين. غير أن استعمال الكميات العالية (120 مغ/ليتر) من كلا المادتين تزيد من الاسمرار عند التخزين في الحرارة السائدة.

* INRA - Département de Technologie BP 415 Rabat - MAROC.

** IAV Hassan II, Département de Biochimie, Section Industries Alimentaires BP. 6202 Rabat Instituts MAROC.

RESUME

Les effets de la cystéine et du chlorhydrate de cystéine sur le développement du brunissement non enzymatique dans le jus d'orange pasteurisé et stocké à 45°C et à température ambiante ont été étudiés dans ce travail.

Les résultats obtenus ont montré qu'au cours du stockage, le pH et l'acidité titrable ne varient pas. La dégradation de la vitamine C, le développement du furfural et du brunissement sont des réactions d'ordre pseudo-zéro. L'intensité de chacune de ces trois réactions varie selon la nature et la concentration du produit ajouté et selon la température du stockage.

L'analyse statistique a montré que l'ajout de 40, 120 ou 240 mg/l de la cystéine minimise la production du furfural et le développement du brunissement à 45°C. Le même effet a été observé avec l'ajout de 120, 240 ou 300 mg/l du chlorhydrate de cystéine. Alors que la diminution de la dégradation de la vitamine C n'a été observée que pendant l'ajout de 300 mg/l du chlorhydrate de cystéine. Cependant, l'utilisation des concentrations élevées (> 120 mg/l) des deux produits augmentent l'intensité du brunissement lors du stockage à température ambiante.

MOTS CLES : Jus d'orange, brunissement non enzymatique, cystéine, chlorhydrate de cystéine.

ABSTRACT

The effect of cysteine and cysteine hydrochloride on non enzymatic browning in pasteurized orange juice was studied at 45°C and at room temperature.

During storage of the juice, the pH and acidity did not show any changes. Vitamine C degradation, furfural production and browning showed pseudo-zero reactions. The intensity of each of these reactions varied with the nature and the concentrations of the inhibitor added and with the storage temperature.

Statistical analysis revealed that adding 40, 120 or 240 mg/l of cysteine reduced furfural production and browning formation at 45°C. The same effects have been observed when 120, 240 or 300 mg/l of cysteine chlorohydrate were added. While the decrease of vitamin C degradation was not observed until 300 mg/l of cysteine chlorohydrate was added. In contrast, the use of high concentrations (> 120 mg/l) of cysteine and cysteine chlorohydrate enhanced the intensity of browning, when the juice was stored at 22°C.

KEY WORDS : Orange juice, non enzymatic browning, cysteine, cysteine hydrochloride.

INTRODUCTION

L'un des problèmes qui se pose aux industriels pendant le stockage du jus d'orange est la conservation de la couleur naturelle du produit. L'altération de la couleur des produits alimentaires peut être d'origine enzymatique ou non enzymatique (Kaanane et Labuza, 1989). Le brunissement enzymatique est évité souvent par une pasteurisation adéquate. Alors que, dans la plupart des cas, la prévention du brunissement non enzymatique est difficilement atteinte (Cheftel et Cheftel, 1984).

Le brunissement non enzymatique du jus d'orange peut se produire aussi bien pendant les traitements technologiques que lors d'un entreposage de longue durée. Du fait que le jus d'orange est légèrement acide ($\text{pH} = 3,4$), la réaction de Maillard et la dégradation de la vitamine C peuvent intervenir simultanément (Cheftel et Cheftel, 1984). Cependant, vue la faible teneur en matière soluble dans le jus, la réaction de Maillard n'interviendra que dans une faible proportion et on considère que ce brunissement est dû principalement à la dégradation de la vitamine C en furfural qui se polymérise pour donner des pigments bruns (Marshall et coll, 1986 ; Jean et coll, 1991 ; Cheftel et Cheftel 1984 Nagy, 1980 Le boulanger, 1977). Parmi les moyens de prévention du brunissement de différents produits alimentaires, il y a l'addition d'agents inhibiteurs comme les sulfides (Cheftel et Cheftel, 1984). Vue les problèmes de santé que peuvent présenter ces produits et notamment chez certaines personnes asthmatiques, les chercheurs ont multiplié les efforts pour trouver d'autres inhibiteurs contre le brunissement non enzymatique. Arnold (1969) a étudié l'effet de la cystéine et de la L-cystéine sur le brunissement non enzymatique dans le lait. Il a trouvé que la L-cystéine n'inhibe pas le brunissement non enzymatique, tandis que la L-cystéine s'est avérée efficace à des concentrations de 0,01%. Yu et coll (1974) ont étudié le brunissement non enzymatique de l'acide ascorbique stocké à des températures de 44° à 72°C. Les résultats de cette étude ont montré que la perte en vitamine C est minimisée par l'addition de la cystéine. Dans une autre étude de l'effet des composés aminés sulfurés sur la réaction de Maillard dans un mélange du D-glucose et d'un acide aminé, Friedman et Molnar-Perl (1990) ont trouvé que la cystéine, la N-acetyl-cystéine et le glutathion sont des inhibiteurs efficaces contre le brunissement de la réaction de Maillard à partir des concentrations respectives de 0,02 ; 0,05 et 0,2 moles par mole de D-glucose. Molnar-perl et Friedman (1990 a) ont rapporté que ces mêmes acides aminés sont efficaces contre le brunissement enzymatique des jus frais, des jus de fruits traités notamment le jus d'orange chauffé à 100°C pendant 120 minutes et dont le pH est ajusté à 7.

L'objectif de ce travail est d'étudier l'effet de la cystéine et du chlorhydrate de cystéine sur le brunissement non enzymatique du jus d'orange stocké à différentes températures.

MATERIEL ET METHODES

Protocole expérimental :

Les échantillons du jus d'orange pasteurisé (bouteilles de 1 litre) provenant de la même chaîne de fabrication et de la même variété (Maroc late) ont été

obtenus auprès d'un industriel. Dès la réception, le jus a été objet des déterminations suivantes : brunissement non enzymatique, vitamine C, furfural, pH et acidité titrable. Avant le stockage, le jus a été réparti en différents lots de bouteilles de 200 ml. Différentes concentrations de cystéine et du chlorhydrate de cystéine (0,10; 40, 120, 240, 300 mg/L) ont été ajoutées à chaque lot de jus. Ensuite, les lots ont été stockés à deux températures : 45°C et température ambiante. Dans les bouteilles stockées à température ambiante, 0,2% d'acide propionique a été ajouté comme agent de conservation. Pour les échantillons stockés à 45°C, les intervalles de prélèvement des échantillons pour l'analyse ont été de 4 heures pendant la première journée et ensuite de 24 heures jusqu'à la fin de stockage. Pour les échantillons stockés à température ambiante, l'intervalle de prise d'échantillons a été d'une semaine. A noter que juste après prélèvement, les échantillons sont placés immédiatement dans un bain de glace pour bloquer les différentes réactions.

Méthodes d'analyses

- Détermination de l'acidité titrable

L'acidité titrable est déterminée par titrage potentiométrique à l'aide d'une solution d'hydroxyde de sodium suivant la méthode décrite par l'AFNOR (1974).

- Détermination du pH.

Le pH est déterminé à l'aide de pH mètre marque Tacussel type U.S. muni des électrodes en verre. Avant son utilisation, le pH mètre a été étalonné à l'aide de solutions tampons de pH 2 et 4.

- Détermination de la vitamine C

La vitamine C a été déterminée par la méthode volumétrique au 2,6 dichlorophénol indephénol (Ting, 1986).

- Détermination du furfural

L'analyse du furfural a été faite en utilisant la méthode développée et améliorée par Dinsmore et Nagy (1974). Elle est basée sur la réaction de furfural avec l'acétate d'aniline qui donne une couleur rouge intense. Cette coloration est stabilisée par le chlorure d'étain et par l'acide chlorhydrique. La densité optique est mesurée à l'aide d'un spectrophotomètre (CE 303 Grating, Cecil Instrument) à une longueur d'onde de 515 nm.

- Détermination du brunissement non enzymatique

Le brunissement a été mesuré en utilisant la méthode de Ting (1986), basée sur la détermination de l'absorbance des extraits méthanoliques du jus à 420 nm.

RESULTATS ET DISCUSSION

Pendant toute la période expérimentale, les paramètres pH et acidité titrable n'ont pas montré de variation pour tous les jus avec ou sans inhibiteur à 45°C et à température ambiante. A titre d'exemple, le tableau I montre l'évolution de ces

paramètres en fonction du temps de stockage et de la concentration de l'inhibiteur à 45°C. Le fait que l'acidité et le pH ne varient pas durant le stockage, peut être expliqué par la présence dans le jus d'un système tampon constitué principalement d'acides citrique et malique et leurs sels (Park et coll. 1983). Ces résultats concordent avec ceux trouvés par d'autres auteurs (Smoot et Nagy, 1980 ; Krouad, 1986 ; Lee et Nagy, 1988 ; Kaanane et coll, 1988).

Tableau I : Effet de la cystéine et du temps de stockage sur le pH et l'acidité (meq/100ml) du jus d'orange.

Cystéine (mg/L)	0	10	120	300
Temps de stockage (jours) à 45°C	pH : acidité	pH : acidité	pH : acidité	pH : acidité
0	3,35 : 0,89	3,35 : 0,89	3,35 : 0,89	3,35 : 0,89
1	3,29 : 0,90	3,31 : 0,92	3,30 : 0,92	3,34 : 0,93
3	3,30 : 0,93	3,34 : 0,91	3,30 : 0,93	3,35 : 0,91
6	3,36 : 0,91	3,34 : 0,91	3,30 : 0,90	3,30 : 0,91
9	3,38 : 0,94	3,42 : 0,92	3,40 : 0,49	3,38 : 0,94

La dégradation de la vitamine C a été observée dans tous les échantillons avec ou sans cystéine ou chlorhydrate de cystéine durant toute la période de stockage. L'importance de cette dégradation varie selon la température du stockage et selon la concentration du produit ajouté. Les droites de régression de la dégradation de la vitamine C en fonction du temps présentent des coefficients de détermination (r^2) élevés (Tableau II). La cinétique de la dégradation de la vitamine C est donc du type pseudo-zéro ordre.

Ces résultats concordent avec ceux trouvés par Laing et coll, 1978 ; Krouad, 1986 ; Kaanane et coll, 1988 ; Smoot et Nagy, 1980 et Bensbahou, 1989, qui ont trouvé que la cinétique de la dégradation de la vitamine C dans les jus d'orange et du pamplemousse est d'ordre pseudo-zéro. Cependant ces résultats sont en contradiction avec ceux de Nagy (1980) et de certains auteurs cités par ce dernier qui ont rapporté que cette cinétique dans le jus d'orange est du premier ordre.

Le tableau II montre que plus la concentration en cystéine ou celle du chlorhydrate de cystéine augmente, plus la constante de vitesse diminue.

Tableau II : Effet de la cystéine et du chlorhydrate de cystéine sur les constantes de vitesse de la dégradation de la vitamine C dans le jus d'orange pendant le stockage

45°C				22°C		
K (1)(mg/L/j)	s (2)	r ²	(3)	k(mg/L/j)	s	r ²
Cystéine (mg /L)						
0	50,87	4,44	0,93	1,94	0,21	0,92
10	50,79	4,70	0,92	1,77	0,17	0,94
40	46,96	3,70	0,96	1,79	0,12	0,96
120	45,40	3,32	0,95	1,67	0,10	0,98
240	44,74	2,72	0,96	1,55	0,09	0,98
300	43,26	3,70	0,93	1,56	0,11	0,97
Ch. cystéine (4) (mg /L)						
0	50,87	4,44	0,92	1,94	0,21	0,92
10	48,60	4,34	0,92	1,76	0,19	0,92
40	47,27	3,78	0,94	1,74	0,15	0,94
120	45,26	3,40	0,94	1,70	0,11	0,96
240	40,99	3,27	0,94	1,43	0,10	0,96
300	38,94	3,04	0,94	1,41	0,11	0,96

(1) k = constante de vitesse

(2) s = erreur standard

(3) r² = coefficient de détermination

(4) ch. cystéine = chlorhydrate de cystéine

Les plus faibles constantes de vitesse trouvées correspondent à la concentration de 300 mg/l dans le cas de l'ajout des deux produits pour le stockage à 45°C et à la température ambiante. Bensbahou (1989) a trouvé aussi que la constante de vitesse diminue avec l'augmentation de la concentration de la cystéine au cours du stockage du jus d'orange à 65°C. Cette diminution prend une allure plus rapide entre les concentrations de 120 mg/l et 160 mg/l puis devient presque stable à une concentration supérieure à 160 mg/l.

L'analyse statistique (t-test) a montré que la différence entre la constante de vitesse de la dégradation de la vitamine C dans le jus d'orange sans ajout de la cystéine et les constantes de vitesse dans le jus d'orange avec ajout de la cystéine n'est pas significative au niveau $\alpha = 5\%$. Ceci, concerne toutes les concentrations utilisées et pour les deux températures de stockage. Cependant on remarque qu'il y a une tendance à une diminution des constantes de vitesse avec l'augmentation de la concentration de la cystéine. Alors que la différence entre les constantes de vitesse de dégradation de la vitamine C dans le jus d'orange sans ajout du chlorhydrate de cystéine et la constante de vitesse avec ajout de ce produit est statistiquement significative au niveau $\alpha = 5\%$ lorsque 300 mg/l de chlorhydrate de cystéine est ajouté au jus avant stockage à 45°C. A la température ambiante, la différence est significative au niveau $\alpha = 5\%$ avec l'ajout de 240 et 300 mg/l. Les facteurs de réduction des constantes de vitesse correspondants sont de 26% et 27%. La comparaison des constantes de vitesse montre que le chlorhydrate de cystéine est plus efficace pour minimiser la dégradation de la vitamine C que la cystéine.

Bensbahou (1989) a démontré l'existence d'une différence significative (à $\alpha = 5\%$) entre la constante de vitesse de la dégradation de la vitamine C dans le jus sans ajout de la cystéine et les constantes de vitesse avec ajout de 40, 120, 160 ou 240 mg/L. De même, Yu et coll (1974) ont trouvé que la cystéine minimise la dégradation de la vitamine C dans des systèmes modèles (cystéine - vitamine C) stockés à 44°C et 72°C.

Une production progressive du furfural durant toute la période expérimentale a été observée. Cette production augmente avec l'augmentation de la température et de la durée du stockage pour tous les échantillons avec ou sans les produits testés. L'allure de la quantité du furfural produite en fonction du temps est une droite dont les coefficients de détermination sont relativement élevés (Tableau III). La cinétique de la réaction est d'ordre pseudo-zéro. Cet ordre de la réaction concorde avec celui trouvé par Krouad, 1986 ; Kaanane et coll, 1988 et Bensbahou, 1989. Cependant Lee et Nagy (1988) ont avancé que la production du furfural dans le jus de pamplemousse suit une réaction d'ordre supérieur à l'unité.

D'après le tableau III, on remarque que plus la concentration en cystéine est élevée plus la constante de vitesse est faible au cours de stockage à température ambiante. Cependant, au cours de stockage à 45°C, la constante de vitesse est minimale avec l'ajout de 120 mg/l. Dans ce cas le facteur de réduction de la constante de vitesse est de 88%. A 22°C, la constante de vitesse est minimale lorsqu'on a ajouté 240 mg/l et le facteur de réduction est 45%.

Tableau III : Effet de la cystéine et du chlorhydrate de cystéine sur les constantes de vitesse de la formation du fufural dans le jus d'orange pendant le stockage

45°C				22°C		
K (1)(mg/L/j)	s (2)	r ² (3)		k(mg/L/j)	s	r ²
Cystéine (mg /L / j)						
0	115,50	12,81	0,93	4,54	0,70	0,97
10	93,40	6,21	0,92	3,38	0,42	0,92
40	83,56	7,21	0,96	3,78	0,21	0,96
120	14,20	2,53	0,95	2,63	0,14	0,98
240	36,72	6,89	0,96	2,50	0,07	0,98
300	37,04	4,15	0,93	2,55	0,13	0,98
Ch. cystéine (mg /L)						
0	115,50	12,81	0,88	4,54	0,70	0,97
10	66,52	5,24	0,94	3,79	0,19	0,94
40	58,56	4,97	0,92	3,63	0,27	0,96
120	48,40	2,80	0,98	2,66	0,19	0,96
240	37,44	1,84	0,98	2,53	0,18	0,96
300	17,55	1,68	0,92	2,49	0,12	0,98

(1) k = constante de vitesse

(2) s = erreur standard

(3) r² = coefficient de détermination

(4) ch. cystéine = chlorhydrate de cystéine

Dans le cas de l'ajout du chlorhydrate de cystéine, on constate que plus la concentration en ce produit est élevée plus la constante de vitesse est faible aussi bien au cours du stockage à 45°C qu'à température ambiante. Comme dans le cas de l'ajout de la cystéine, le facteur de réduction de la constante de vitesse à 45°C est plus important que celui obtenu à température ambiante. Ainsi, avec l'ajout de 300 mg/l on a obtenu des facteurs de 85% et 45% pour les deux températures respectives.

Le test de Student d'égalité de deux constantes de vitesse montre que la différence entre la constante de vitesse de la formation de furfural dans le jus d'orange sans ajout de la cystéine et les constantes de vitesse dans le jus d'orange avec ajout de 40, 120, 240 et 300 mg/l de cystéine est significative ($\alpha = 0,05$). Lorsque le jus est stocké à 45°C, l'inhibition de la formation du furfural la plus importante est observée avec l'ajout de 120 mg/l. Lors du stockage à température ambiante, cette différence est significative ($\alpha = 5\%$) dans le jus avec 120, 240 et 300 mg/l. Dans le cas de l'ajout 10, 40; 120, 240 et 300 mg/L du chlorhydrate de cystéine à 45°C, on note une diminution significative au niveau $\alpha = 5\%$ par rapport au jus témoin. A la température ambiante, cette diminution est significative au même niveau dans le cas de l'ajout de 120, 240 et 300 mg/L.

L'effet significatif de la cystéine sur la production du furfural dans le jus d'orange a été rapporté par Bensbahou (1989). Il a trouvé une différence significative au niveau $\alpha = 5\%$ dans le cas de l'ajout de 120, 160, et 240 mg/L de cystéine dans le jus stocké à 65°C. Dans ce cas, la vitesse la plus faible correspond à l'ajout de 240 mg/L.

Le brunissement non enzymatique, exprimé en densité optique à 420 nm, a augmenté dans tous les échantillons avec ou sans cystéine ou du chlorhydrate de cystéine (tableau IV). Selon le même tableau, l'absorbance en fonction du temps, présente des coefficients de détermination (r^2) élevés. Donc la réaction du développement du brunissement est d'ordre pseudo-zéro.

Avec l'ajout des quantités élevées de la cystéine, les constantes de vitesse du brunissement ont diminué (tableau IV) lors du stockage du jus à 45°C. La constante la plus faible est obtenue avec la concentration de 120 mg/L. Ces résultats sont en désaccord avec ceux trouvés lors du stockage à température ambiante. En effet à cette température, il y a une augmentation importante des constantes de vitesse avec l'ajout de 240 ou 300 mg/L de cystéine.

Comme pour la cystéine, les résultats du brunissement avec l'ajout du chlorhydrate de cystéine diffèrent selon la température du stockage. A 45°C, plus la quantité ajoutée augmente, plus la constante de développement du brunissement diminue. La plus faible constante de vitesse trouvée correspond à la concentration de 300 mg/L. A la température ambiante, les constantes de vitesse sont beaucoup plus élevées lorsqu'on a ajouté 120, 240 ou 300 mg/L par rapport au jus sans ajout du chlorhydrate de cystéine. Bensbahou (1989) a trouvé que la plus faible constante de vitesse du brunissement est obtenue dans le cas de l'ajout de 240 mg/L de la cystéine dans le jus d'orange stocké à 65°C.

Tableau IV : Effet de la cystéine et du chlorhydrate de cystéine sur les constantes de vitesse de développement du brunissement dans le jus d'orange pendant le stockage

45°C				22° C		
K (1)(mg/L/j)	s (2)	r ² (3)		k(mg/L/j)	s	r ²
Cystéine (mg / L / j)						
0	0,0205	0,0016	0,94	0,0027	0,0003	0,92
10	0,0170	0,0016	0,94	0,0020	0,0003	0,86
40	0,0156	0,0014	0,92	0,0020	0,0003	0,86
120	0,0136	0,0011	0,94	0,0039	0,0004	0,94
240	0,0157	0,0014	0,92	0,0346	0,0028	0,96
300	0,0166	0,0010	0,96	0,0377	0,0028	0,96
Ch. cystéine (mg / L)						
0	0,0345	0,0021	0,96	0,0027	0,0003	0,92
10	0,0312	0,0025	0,94	0,0023	0,0003	0,90
40	0,0317	0,0021	0,96	0,0021	0,0003	0,90
120	0,0269	0,0030	0,92	0,0149	0,0019	0,90
240	0,0279	0,0014	0,98	0,0233	0,0026	0,92
300	0,0266	0,0030	0,90	0,0325	0,003	0,94

(1) k = constante de vitesse

(2) s = erreur standard

(3) r² = coefficient de détermination

(4) ch. cystéine = chlorhydrate de cystéine

Le test d'égalité des constantes de vitesse du brunissement et la comparaison des intervalles de confiance de ces constantes montrent une différence significative ($\alpha = 5\%$) entre la constante de vitesse du développement du brunissement dans le jus d'orange sans ajout de la cystéine et les constantes de vitesse dans le jus d'orange avec ajout de la cystéine pour les concentrations de 40mg/L, 120 mg/L et 240 mg/L lors du stockage à 45°C. A la température ambiante, on remarque qu'il n'y a pas de différence significative lorsque on a ajouté 10 et 40 mg/L. Dans le cas de l'ajout de 120, 240 et 300 mg/L il y a une augmentation significative du brunissement (tableau IV).

Dans le cas de l'ajout du chlorhydrate de cystéine il y a une diminution significative du brunissement ($\alpha = 5\%$) lorsqu'on a ajouté 120, 240 et 300 mg/L à 45°C. Pour le brunissement à température ambiante, il n'y a pas de différence significative lorsqu'on a ajouté 10 et 40 mg/L. Dans le cas de l'ajout de 120, 240 et 300 mg/L on constate une augmentation significative du brunissement.

Pour le jus d'orange stocké à 65°C, Bensbahou (1989) a rapporté que l'ajout de 240 mg/L de la cystéine minimise le brunissement. Yu et coll (1974) ont trouvé que le brunissement d'un système modèle contenant l'acide ascorbique et la cystéine (0,01 M chacun) diminue lors de son stockage à 44°C et 72°C par rapport à l'acide ascorbique stocké seul dans les mêmes conditions de stockage. Etudiant le brunissement dans le lait Arnold (1969) a démontré qu'à partir de 0,01% de la cystéine ou du chlorhydrate de cystéine, on a une limitation de la réaction de Maillard. De même Friedman et Molnar-Perl (1990), Molnar-Perl et Friedman (1990 b) ont rapporté que les acides aminés ayant des fonctions thiols tels que la cystéine, le N acétyl-cystéine et le glutathion sont aussi efficaces que le bisulfite de sodium contre le brunissement des mélanges d'acides aminés-glucose et contre le brunissement enzymatique notamment des pommes et des pommes de terre.

Etudiant le brunissement non enzymatique de jus d'orange, Molnar-Perl et Friedman (1990 a) ont trouvé que le N-acétyl cystéine et le glutathion sont des inhibiteurs du brunissement du jus dont le pH est ajusté à 7 chauffé à 100°C pendant 120 minutes.

En conclusion, les résultats de cette étude montrent que lorsque on ajoute de la cystéine et surtout du chlorhydrate de cystéine au jus d'orange avant stockage à la température de 45°C, il y a inhibition du brunissement non enzymatique. Ce résultat est similaire à celui trouvé par Bensbahou (1989) lors du stockage du jus à 65°C. Cependant à des températures faibles (22°C), il y a accélération du brunissement avec l'ajout des concentrations élevées des deux produits étudiés. Comme le jus d'orange est généralement stocké aux températures ambiantes dans le commerce, on peut conclure que la cystéine et le chlorhydrate de cystéine ne sont pas efficaces contre le brunissement non enzymatique et le meilleur moyen pour minimiser ce brunissement, reste le stockage au froid.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AFNOR. (1977). Produits dérivés des fruits et légumes. Détermination de l'acidité titrable. Association française de normalisation Vol. 5 (111) : 44-46.

Arnold, R.G. (1969). Inhibition of heat. Induced browning of milk by L. cysteine Dairy. Sci. 52 (1) : 1857-1859.

Bensbahou, Y. (1989). Evaluation de l'effet de trois types d'inhibiteurs sur le brunissement non enzymatique du jus d'orange pendant le stockage. Mémoire du second cycle. Option technologie alimentaire. IAV Hassan II. Maroc.

Cheftel, J et Cheftel, H. (1984). Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments Vol. I. Technique et documentation. Lavoisier. Paris. 4ème edit. p. 333-363.

Dinsmore, H.L et Nagy, S. (1974). Fruits and fruit products - Improved colorimetric determination for furfural in citrus juices. J. Assoc. Off. Anal. Chem. 57 : 332-337.

Friedman, M et Molnar-perl, I (1990). Inhibition of browning by sulfur amino acids. 1-Heated amino acid-glucose systems. J. Agric. Food Chem. 38 : 1642-1647.

Jean, F., Broussous, P., Ferrari, G. et Cabanis, J.C. (1991). Mise au point d'un procédé de clarification des jus de kiwi de fruits. Dépectinisation et suivi de la vitamine C. Indust. Agric. et Ali. 108 : 343-348.

Kaanane, A ; Kane, D. et Labuza, T.P. (1988). Time and temperature effect on stability of Moroccan processed orange juice during storage. J. Food Sci. 53 (5) : 1470-1473.

Kaanane, A. et Labuza, T.P. 1989. The Maillard reaction in foods. In "The Maillard Reaction in Aging, Diabetes and Nutrition". J. Baynes, Editor ; A. R. Liss Press, Inc., New York.

Krouad, M. (1986). "Influence du couple (temps-température) sur la qualité du jus d'orange". Mémoire du second cycle. Option technologie alimentaire. IAV. Hassan II, Rabat - Maroc.

Laing, B.M., Schulucter, D.L. and Labuza, T.P. (1978). Degradation kinetics of ascorbic acid at high temperature and water activity. J. Food Sci. 43 : 1440-1444.

Leboulanger (1977). Les vitamines. Biochimie - Mode d'action - Intérêt Thérapeutique. Edit. Roche -- Paris. p. 165-177.

Lee, H.S. et Nagy, S. (1988). Quality changes and nonenzymic browning intermediates in grape fruit juice during storage. J. Food Sci. 53 : 168-172.

Marshall, H ; Nagy, S et Rouseff, R. (1986). Factors impacting on the quality of stored citrus fruits beverages. In "the shelf life of foods and beverages". Proceeding of the 4th International Flavor Conference, Rhodes, Greece, 23-26

July, 1985.

Edit. Charalambous, G. Elsevier, New-York.

Molnar-Perl, I et Friedman, M. (1990 a). Inhibition of browning by sulfure amino acids. 2 : Fruits juices and protein containing foods. J. Agri. Food Chem. 38 : 1648-1651.

Molnar-Perl, I et Friedman, M. (1990 b). Inhibition of browning by sulfur amino acid. 3 : Apples and potatoes. J. Agric. Food Chem. 38 : 1652-1656.

Nagy, S. (1980). Vitamine C content of citrus fruit and their products. J. Agric. food Chem. 28 : 8-18.

Park, G.L ; Byers, J.L ; Pritz, C.M ; Nelson, D.B ; Navaro, J.B ; Smolensky, D.C. et Vandercook, C.E. (1983)

Characteristics of california Navel orange juice and pulpwash. J. Food Sci. 48 : 627-632, 651.

Smoot, J. M et Nagy, S. 1980). Effect of storage temperature and duration on total vitamine C canned single strenght grape fruit juice. J. Agric. Food Chem. 28 : 417-422.

Ting, S.V (1986). Citrus fruits and their product. Analysis Technology. Serie food sciences and technology. Edt Marc El Dekker. New York; P. 175-182.

Yu, M.H ; Wu, MT ; Wang, D.J et Salunkhe, D.K. (1974). Nonenzymatic browning in synthetic systems containing ascorbic acid, amino acids, organic acids and inorganics salts. J. Inst. Con. Sci. Tech. Alim. 7 : 279-282.