

EFFET DES BAREMES DE STERILISATION SUR LA QUALITE BIOCHIMIQUE ET NUTRITIONNELLE DES TOMATES EN CONSERVE

Reçu le 18/05/2002 – Accepté le 24/05/2003

Résumé

Les études épidémiologiques attestent l'existence d'une corrélation positive entre la consommation des produits à base de tomate riches en caroténoïdes et la diminution du risque de développement de certaines pathologies telles que cancer et athérosclérose. Ceci fait des produits dérivés de la tomate des aliments de valeur nutritionnelle très intéressante. Dans notre étude, nous nous sommes intéressés à l'évaluation de l'effet de deux traitements technologiques de stérilisation sur la qualité physico-chimique et nutritionnelle des conserves de double concentré de tomate. Pour cela, notre choix s'est porté sur l'évaluation des certains critères physico-chimiques et nutritionnels : teneurs en Brix, en sucres, en protéines, en chlorures, en acide citrique et en antioxydants : Acide Ascorbique, en Lycopène et en tocophérol. Il ressort que les barèmes les plus agressifs (T° élevées et temps courts) sont plus astreignants sur la qualité nutritionnelle, telle que : teneur en matière sèche soluble (Brix), teneurs en protéines et en sucres et teneur en vitamines hydrosolubles.

Mots clés: Tomate, stérilisation, Brix, Sucres réducteurs, Protéines, Vitamines, Acide Ascorbique, Tocophérol, Lycopène, Antioxydants, Viscosité Bostwick, Réfractométrie, A.C.P.

Abstract

Epidemiological studies continue to suggest a positive correlation between the consumption of tomato products rich in carotenoids and a lower risk of developing certain types of cancer and atherogenic diseases. This makes tomato products very interesting for health. This paper assesses the effect of two technological heat treatments on water insoluble tomato pulp solids, proteins, sugars, salt, citric acid and antioxidants (ascorbic acid, tocopherol, lycopene) content in a double concentrate tomato cans. Experimental results indicate that NTSS, proteins, sugars and some antioxidants remained relatively sensible to this heat treatment.

Keywords: Tomato, heat treatment, Brix, sugars, proteins, Ascorbic acid, Tocopherol, Lycopene, Antioxydants, Bostwick viscosity, A.C.P.

M. BOUMENDJEL
A. BOUTEBBA

Département de Biochimie
Université Badji-Mokhtar
Annaba, Algérie

ملخص

إن الدراسات الأوبئية تدل على وجود علاقة وطيدة بين استهلاك المنتوجات المشتقة من الطماطم، الثرية بمضادات الأكسدة، وانخفاض مستوى ظهور بعض الأعراض كالسرطان وغيره، مما يجعل من هذه المنتوجات مأكولات ذات أهمية صحية. لقد حاولنا في دراستنا التطرق لفعل التعقيم الحراري على المكونات الغذائية لمعجون الطماطم: كمية البروتينات، السكريات، المواد الجافة، اللايكوبين، التوكوفيرول و حمض الأسكوربيك. يظهر من دراستنا أن الدرجات الحرارية الأعلى للتعقيم تؤدي إلى انخفاض في الجودة، بالمواد الجافة، البروتينات السكريات و الفيتامين س.
الكلمات المفتاحية: طماطم، تعقيم حراري، بركس، سكريات، بروتينات، الأسكوربيك، توكوفيرول، لايكوبين، مضادات الأكسدة، بوستويك، A.C.P.

Dans un établissement Agroalimentaire, la priorité doit toujours être mise sur les problèmes de qualité, d'hygiène et de salubrité. Il est donc important pour cette industrie de sauvegarder les nutriments tout au long des étapes de transformations mécanique et thermique, en prenant en compte leur impact éventuel sur la qualité nutritionnelle du produit. Les micro-nutriments présents dans ces aliments constituent un apport important de vitamines pour le corps humain. L'organisme dispose d'un certain nombre de moyens enzymatiques pour lutter contre les agressions des radicaux libres, mais l'alimentation joue un rôle-clé en lui fournissant un vaste ensemble d'antioxydants d'origine végétale. Ce sont les tocophérols (Vitamine E), les caroténoïdes, la vitamine C, les polyphénols... Tous ont une grande importance dans la protection des graisses contre l'oxydation (Matos, 2000). L'objectif de notre étude est d'évaluer l'effet des traitements technologiques d'appertisation, appliqués aux conserves de tomate, sur leur qualité biochimique, nutritionnelle et technologique. Pour cela, notre choix s'est basé sur l'évaluation de certains paramètres qui ont une incidence sur la qualité tels que protéines, sucres réducteurs, Brix, Acide ascorbique, Lycopène, α - tocophérol et Viscosité Bostwick.

MATERIEL ET METHODES

Préparation des échantillons

Des échantillons de double concentré de tomate sont fabriqués selon la méthode du Cold Break. La pâte de tomate ainsi obtenue est à un pH de 4,4, viscosité 7cm Bostwick, couleur Lovibond R22J5B3.5, Brix 29% 1.99mg/100g, sucres réducteurs 46.1g/100ml, lycopène 25.1mg/100g, tocophérol 3.2mg/100g et ascorbate 15mg/100g. La pâte est ensuite appertisée à différentes températures 100°C (+2°C) dans des bains d'eau bouillante pour une durée de 30 à 25 minutes respectivement. Les conserves stérilisées sont directement refroidies à l'eau courante jusqu'à atteindre une température stable, approximativement de 35°C (+2°C) au cœur de la boîte. Les échantillons sont, par la suite, numérotés et conservés au réfrigérateur à 5°C (+0,1°C).

Traitement des données

Les données de nos résultats ont été exprimées par la moyenne des différentes répétitions et l'analyse statistique a été réalisée grâce aux logiciels Minitab (Weisberg, 1985) et ADE-4 (Thioulouse et Col., 1999).

Méthodes analytiques :

Le taux de protéines : méthode de Kjeldahl

Les constituants protéiques sont présents en faible concentration dans la majorité des fruits et légumes. Il sont toutefois d'une importance capitale, en tant qu'enzymes impliquées dans le métabolisme des fruits au cours de leur croissance. La teneur en protéine est exprimée dans les produits à base de tomate à partir du dosage de l'azote total (NF V03-050). Sachant que les protéines contiennent en moyenne 16% d'azote, on admet par convention que : Protéines en g=6.25xN. Les résultats sont exprimés en mg de protéines par 100gr de produit.

La teneur en sucre : méthode de Lane-Eynon

Les glucides constituent le groupe le plus important des substances organiques entrant dans la composition chimique des végétaux. Cette teneur en glucide varie en fonction de divers facteurs: luminosité, température, irrigation et engrais. Le glucose, le fructose et le saccharose sont les principaux sucres du fruit (Bodnar et col., 1999). Leur importance réside dans l'accompagnement organoleptique du produit et sont de source naturelle dans cette catégorie de produits (NA 299). Les sucres représentent jusqu'à 65% de la teneur en matière sèche des dérivés de tomates et sont majoritairement des sucres réducteurs, principalement du glucose et du fructose en proportions approximativement égales (CEE, 1764/86).

Potentiel Hydrogène

Les mesures de pH sont réalisées grâce à un pH-mètre digital suivant la méthode AFNOR NF V 08-406.

Indice réfractométrique ou Brix

C'est la concentration en saccharose d'une solution aqueuse ayant le même indice de réfraction que le produit

analysé (NA 299). Cette concentration, mesurée par l'indice réfractométrique, est ensuite exprimée par le pourcentage en masse, et mesurée au moyen d'un réfractomètre d'Abbe (CEE, 1764/86). Les résidus secs solubles représentent un critère de qualité très important sur le plan commercial et font l'objet d'une réglementation très stricte.

La viscosité

La viscosité représente l'un des facteurs technologiques les plus importants dans la qualité des pâtes de tomate. Les pâtes de tomate sont des produits à viscosité marquée, intermédiaire entre les corps de Bingham et les corps pseudo-plastiques (Smith, 1961). La viscosité est une caractéristique en relation avec la teneur des fruits en substances insolubles dans l'alcool : Protéines, Pectines, Polysaccharides. (Gallais et col., 1992). Elle est l'effet combiné des liquides, matière soluble, insoluble en suspension, pectine, qui contribuent à la consistance générale de la pâte de tomate (Hawbecker, 1995). L'importance de l'étude de la viscosité renseigne d'une part sur les modalités des traitements technologiques à utiliser (propriétés d'écoulement de la matière, capacité à la condensation, fluidité lors des traitements de transformation, thermoconductivité, densité...) et d'autre part, sur les caractéristiques de qualité nutri-sensorielles pour le consommateur (exemple de la consistance marquée du Ketchup qui représente un critère de qualité primordial). Les valeurs sont exprimées en cm Bostwick.

Le Lycopène

Le lycopène est le caroténoïde prédominant de la tomate avec un taux de plus de 95% (Tonucci et col). En raison de sa structure chimique, le lycopène est l'anti-radicaux libres le plus efficace, particulièrement contre les espèces radicalaires oxygénées. (Conn et col., 1993 ; Stahl 1999). C'est une molécule de formule $C_{40}H_{56}$ (PM 536), non saturé, à chaîne ouverte, qui exerce son action en cédant ses électrons afin de neutraliser les radicaux libres (Conn, et col., 1993). C'est un pigment appartenant à la classe des terpènes caroténoïdiens, caractérisé par une structure acyclique symétrique contenant onze doubles liaisons conjuguées et deux non-conjuguées qui confèrent à la molécule sa couleur rouge. Dans la tomate, le lycopène se trouve sous sa forme all-trans, qui est sa configuration la plus thermostable dans la nature (Stahl et col., 1992 ; Agarwal et col., 2000). Le lycopène est présent dans le corps humain à 50% sous sa forme cis. Il exerce son activité d'anti-oxydant qui est 10 fois plus élevée que celle du α tocophérol (Stahl et col., 1996). Contrairement à la vitamine A, les caroténoïdes ne présentent pas la risque d'hypervitaminoses. En effet, la conversion des caroténoïdes en vitamine A se trouve sous le contrôle d'un mécanisme cellulaire de régulation selon les besoins du corps et diminue lorsque les stocks du corps sont au plein (Kaegi, 1998). Le Lycopène se trouve principalement dans la peau et le péricarpe de la tomate. La cyclisation de ses extrémités par une enzyme spécifique, la Chromoplast-specific lycopène beta-cyclase, aboutit à la formation du bêta-carotène. Le dosage du lycopène donne une indication sur un critère de qualité des pâtes de tomate qui est la

couleur. La détermination du taux de lycopène se fait à l'aide d'un spectrophotomètre à 502nm (Grolier et col., 2000). A cette longueur d'onde, le lycopène absorbe à 90%, alors que le β -carotène n'absorbe qu'à moins de 10%. (Grolier, 1999).

L'acide ascorbique

Il est présent à l'état naturel et en quantités assez importantes dans les tomates encore immatures, avec une diminution de son taux lors de la maturation du fruit (Chaux et col., 1994). C'est un réducteur qui réagit avec le dioxygène de l'air, l'empêchant ainsi d'oxyder d'autres molécules organiques, ce qui provoquerait leur rancissement (mauvais goût) ou leur changement de couleur (brunissement) Pascaud, 1998 ; Ruasse, 1998). Sur le plan organoleptique, cet acide procure au produit un goût acidulé qui, doublé du goût sucré, donne la saveur des concentrés de tomate. Toutefois, des taux trop élevés de cet acide gâchent la qualité organoleptique du produit et sont l'expression d'une matière première utilisée encore à l'état immature (Chaux et col., 1994). La méthode utilisée pour le dosage de la vitamine C est une méthode normalisée volumétrique au 2,6-dichloro-ohéno-indophéno (Pascaud, 1998). L'acide ascorbique s'oxyde facilement, surtout en milieu alcalin, en acide dehydroascorbique. L'action réductrice de l'acide ascorbique sert de base à la détermination chimique du composé. A pH acide, l'acide ascorbique décolore le 2,6-dichloro-phéno-indophéno ; la réaction est quantitative et permet une détermination de l'ascobémie (Pascaud, 1998).

Le tocophérol

Vitamine de l'anti-stérilité, indispensable pour le système immunitaire, musculaire et nerveux, grâce à ses grandes propriétés d'anti-oxydant, elle intervient aussi dans différentes phases du métabolisme : protection des Acides Gras Non Saturés. Elle protège aussi contre le cancer de la prostate et du tractus intestinal (Gerber, 1999). La vitamine E est le troisième anti-oxydant de la tomate (après le lycopène et l'acide ascorbiques). Elle est exclusivement présente dans les graines de tomate. (Grolier, 2000). La méthode utilisée pour doser la vitamine E consiste à l'extraire grâce à un solvant comme l'éther de pétrole et à la doser selon la méthode de Rougereau au spectrophotomètre à 510nm (Rougereau, 1981).

RESULTATS ET DISCUSSION

Brix

La stérilisation agit très fortement sur les teneurs en Brix de la tomate, en les diminuant de façon significative ($p < 0,01$). L'analyse en composante principale ACP (Fig.1) conduit aux hypothèses suivantes : les variations du taux de Brix dépendent des variations du taux de protéines ($r=0,86$).

Protéines/sucres

La stérilisation agit très fortement sur les teneurs en protéines de la tomate, en les diminuant de façon significative ($p < 0,01$). La diminution du taux de protéines

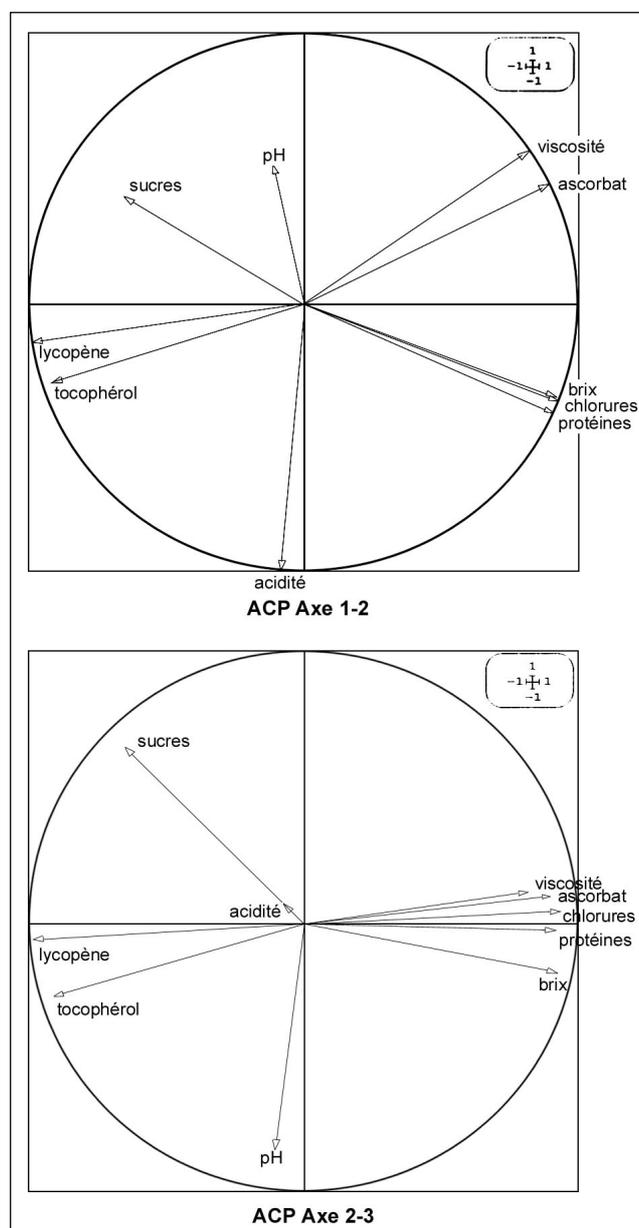


Figure 1: Cercle de corrélation des axes 1-2 ; 1-3 ; 2-3. Taux d'inertie par axe: Axe 1 : 0.6248 ; Axe 2 : 0.2480 ; Axe 3 : 0.1272.

est très fortement corrélée à celle du taux de sucres ($r = 0.92$), doublé d'une légère baisse de pH; ceci laisserait envisager une réaction entre protéines-sucres du type Maillard (Teodorescu, 1991). Par ailleurs, le dosage des sucres n'a donné aucune différence significative entre les prises d'essai avant et après inversion. Ceci implique que la totalité des sucres présents dans le concentré de tomate sont des sucres réducteurs (plus de 95% des sucres sont le glucose et le fructose). Ce facteur pourrait favoriser le déclenchement des processus de brunissement non enzymatique ou réaction de Maillard. Le test «t» de Student démontre une différence significative entre la stérilisation à 100 et 110°C. En effet, la réaction de Maillard se produit durant les traitements thermiques d'aliments tels que les concentrés de tomate contenant des protéines en présence de sucres réducteurs (Eichner et col.,). Aussi, cette réaction est plus importante pour les

traitements à 110°C ($r=0.86$) qu'à 100°C ($r=0$). Cette cinétique suivrait la vitesse d'une réaction chimique qui peut être assimilée à l'équation d'Arrhenius, où une certaine quantité d'énergie est nécessaire pour déclencher la réaction.

Viscosité

Le test «t» de Student démontre une différence significative ($p<0.001$) entre la stérilisation à 100 et 110°C. A partir des tests de corrélation, l'analyse en composante principale conduit aux hypothèses suivantes :

Les mesures du Brix et de la viscosité sont corrélées à $r=0.53$ (axe 1-3). L'effet de concentration induit une augmentation de la consistance des pâtes de tomate, qui joue un rôle de sauvegarde des Matières Sèches Solubles en renforçant les propriétés thermo-conductrices de la pâte. Veera et col. (1987) ont étudié ces propriétés à des concentrations allant de 18 à 28% de Brix pour différentes températures, allant de 30 à 70°C à pas de 10°C, et conclurent que la viscosité variait selon l'équation d'Arrhenius en fonction du Brix.

Sur l'axe 1-2 de la figure 1, nous remarquons que la viscosité est inversement proportionnelle aux taux de Lycopène et de Tocophérol ($r=0.89$ et $r=0.95$), mais qu'elle reste proportionnelle à l'acide ascorbique ($r=0.99$). Les antioxydants sauvegardent la structure native des polysaccharides en évitant l'attaque par la chaleur induisant les réactions telles que : « The Oxidative reductive depolymerization » (Mitchell et col., 1991). La dégradation des pectines, celluloses et autres polymères au sein de la matrice cellulaire induit une diminution de la consistance. Ces chercheurs ont prouvé que l'addition d'antioxydants à une solution polysaccharidique chauffée, limitait les réactions d'oxydation qui induisent une diminution de la consistance, obtenant ainsi une consistance plus élevée.

Les variations de la viscosité sont corrélées avec ceux des protéines ($r=0.50$). En effet, d'autres chercheurs ont observé une corrélation entre l'addition de protéines au coulis de tomate et l'augmentation de sa consistance. Dans leurs travaux, les auteurs ont conclu que, plus ils augmentaient la quantité de protéines de soja (de 0,25 à 3,0%) au coulis de tomate, plus une augmentation de la consistance Bostwick était observée (1,7 à 26,0%). Ceci explique clairement l'importance des protéines dans la formulation finale de la viscosité des pâtes de tomate.

Taux de Lycopène

Le test «t» de Student démontre une différence significative ($p<0.01$) entre la stérilisation à 100 et à 110°C. Les variations du taux de Lycopène étant quand même moins importantes que chez les vitamines hydrosolubles (Fig.2), tel que l'acide ascorbique (5.87% et 20% respectivement à 100°C et 110°C). Ce résultat confirme les études menées par différents chercheurs sur le comportement des terpènes caroténoïdiens dans les conserves alimentaires et leur bonne stabilité pendant les traitements thermiques (Stahl et col., 1992 ; Nguyen et col. 1998). Une diminution du taux de lycopène est corrélée aux variations de la viscosité de la tomate ($r=0.89$), qui intervient en tant que facteur limitatif de la pénétration de la

chaleur. En effet, Stahl et col. (1992) démontrent que la constante de destruction des caroténoïdes est inversement proportionnelle à la viscosité de la matrice. Sharma et col. (1996), ont démontré qu'une diminution du taux de lycopène est observée lors des traitements thermiques de transformation de la tomate (100°C), c'est-à-dire, lors des étapes de concentration et de pasteurisation de la tomate, et concluent qu'une augmentation de la concentration du Brix, des acides organiques et des sucres contribuait fortement à la dégradation du Brix. Ces résultats confortent ceux obtenus lors de l'expérimentation qui révèlent une variation inverse du taux de lycopène en fonction du Brix ($r=0.84$).

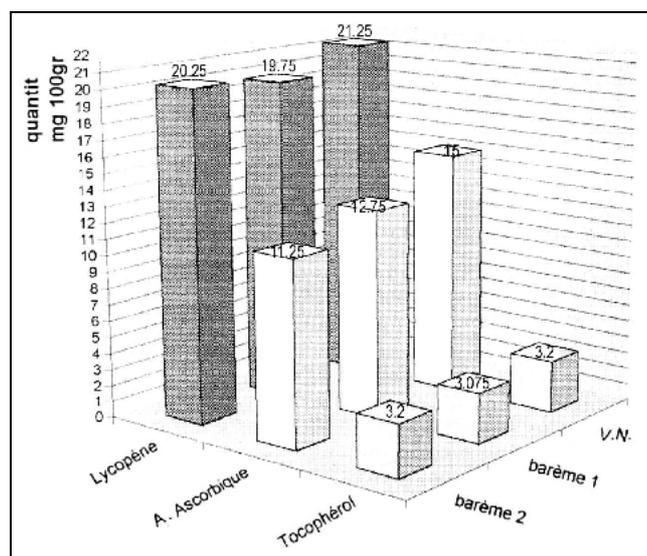


Figure 2: Variation du taux d'antioxydants en fonction des traitements thermiques.

Taux de Tocophérol

Le test «t» de Student ne révèle aucune différence significative entre les quatre lots étudiés. Aussi, le pourcentage de diminution du tocophérol est sensiblement bas par rapport aux autres vitamines (-1.95% pour les tocophérols, -5.87 pour le lycopène et -20% pour l'acide ascorbique). Ceci s'explique par la bonne stabilité des tocophérols vis-à-vis des traitements à la chaleur.

Taux d'Acide Ascorbique

C'est la vitamine la plus sensible aux traitements employés pour la stabilisation des conserves de tomate. En effet, sa diminution est proportionnelle à l'augmentation de la chaleur avec -15% à 100°C et -25% à 110°C.

CONCLUSION

Les traitements thermiques provoquent des changements de conformation des molécules bio-actives. Ainsi, la teneur en sucres diminue par destruction ou entrée en réaction des oses en milieu acide, et à chaud avec d'autres composés telles que les protéines (réaction de Maillard). Les variations dans les teneurs en Brix sont principalement dues à ces réactions : protéines et sucres. Les variations dans la viscosité de la pâte sont dues aussi à

l'indisponibilisation des ces composés. Il a été démontré que les pertes de vitamines correspondantes sont faibles, en raison de la désaération du contenu des boîtes et de l'importance de la viscosité de la matrice; seul la vitamine C qui résiste moins bien à la chaleur et à l'oxygène, disparaîtrait au cours de la stérilisation, en proportion plus élevée. Les caroténoïdes et la vitamine E paraissent plus résistants.

REFERENCES

- [1]- Agarwal S. and Rao A.V., "Tomato lycopene and its role in human health and chronic diseases", *CMAJ*, 163(6), (2000), pp. 739-744.
- [2]- Bodnar J. et Garton R.W., "Production de tomate de consommation en frais", Fiche technique ISSN 1198-7138 du Ministère de l'agriculture, de l'alimentation et des affaires rurales de l'Ontario. Agdex 257/20, N°94-020, (1994).
- [3]- Chauv C. et Foury C., Productions Légumières : Légumineuses potagères. Légumes fruits." Collection Agriculture d'aujourd'hui, Sciences, Techniques, Applications. Editions Lavoisier-Tec-Doc., Paris, 3(3) (1994), pp.145-231.
- [4]- Conn P.F., Schalch W. et Truscott T.G., "The singlet oxygen and carotenoid interaction", *Ann N.Y. Acad. Sci.*, 31, 691, (1993), pp. 10-19.
- [5]- Eichner K., Reutter M., Wittmann R., "Detection of Amadori compounds in heated foods", *J. Food Proc. Pres.*, 543, (1994), pp.42-54.
- [6]- Eichner K., Schrader I., Lange M., "Early detection of changes during heat processing and storage of tomato products", *Am. Chem. Soc.*, (1996), pp. 32-44.
- [7]- Gallais A. et Bannerot H., "Amélioration des espèces végétales cultivées: objectifs et critères de sélection", INRA. (1992), pp. 379-391.
- [8]- Gerber M., "A role for tomatoes and lycopene in the protection from chronic degenerative diseases? The result of epidemiological studies". In: Role and control of antioxidants in the tomato processing industry, second bulletin on the advancement of research. A European Commission concerted action programme FAIR CT 97-3233, (1999), 6p.
- [9]- Grolier P., "Antioxidants in the tomato fruit. In: Role and control of antioxidants in the tomato processing industry", Second bulletin on the advancement of research. A European commission concerted action programme FAIR CT 97-3233, (1999), 4p.
- [10]- Grolier P., Bartholin G., Broers L., Garis-Veyrat C., Dadomo M., Di Lucca G., Dumas Y., Meddens F., Sandei L., Schuch W., "Les anti-oxydants de la tomate et leur biosynthèse", In : Les antioxydants de la tomate et ses dérivés et leur bénéfices pour la santé. Le livre blanc de la tomate, action concertée de la commission européenne, FAIR CT 97-3233. (2000), 3p.
- [11]- Hawbecker D.E., "Microbiology, packaging, HACCP & ingredients", Plant Quality control. Comstock Michigan Fruit Div., (7) (1995), pp.261-283.
- [12]- Kaegi E., "Unconventional therapies for cancer Vitamins A, C and E – on behalf of the Task force on Alternative therapies of the Canadian Breast cancer research initiative", *CMAJ*, 158, (1998), pp. 1483-1488.
- [13]- Matos H.R., "Protective effect of lycopene on lipid peroxidative DANN", *Arch. Bioch. Bioph.*, 383 (1), (2000), pp.56-59.
- [14]- Mitchell J. and Hill S., "The use of antioxidants to control polysaccharide molecular weight loss", *Food News*. University of Nottingham, (1991), p.29.
- [15]- Nguyen M.L. and Schwartz S.J., "Lycopene stability during food processing", *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 218 (2), (1998), pp.101-105.
- [16]- Pascaud M., "Vitamines", Encyclopaedia Universalis, version 4.0, France (1998).
- [17]- Rougureau A., "Technique d'analyse et de contrôle de la qualité dans l'industrie agro-alimentaire", TEC DOC, Lavoisier éd., 5 (1981), pp.246-247.
- [18]- Ruasse J.P., "Comportement alimentaire : Hygiène alimentaire", Encyclopaedia Universalis, Version 4.0, France (1998).
- [19]- Shrama S.K. and Le Maguer M., "Kinetics of lycopene degradation in tomato pulp solids under different processing and storage conditions", *Food Res. Int.*, 29 (3-4), (1996), pp.309-315.
- [20]- Smith H.R., "The consistency of tomato catsup", *The canning trade*, 54 (1), (1961), pp.4-17.
- [21]- Stahl W., Sies H., "Uptake of lycopene and its geometrical isomers is greater from heat-processed than from unprocessed tomato juice in humans", *J. Nutr.*, 22 (11), (1992), pp.2161-2166.
- [22]- Stahl W. and Sies H., "Lycopene: a biologically important carotenoid for humans?" *Arch. Biochem. Biophys.*, 336 (1), (1996), pp.1-9.
- [23]- Stahl W., "Lycopene: Bioavailability and biological properties", In: Role and control of antioxidants in the tomato processing industry, second bulletin on the advancement of research. A European commission concerted action programme FAIR CT 97-3233, (1999), 2p.
- [24]- Teodorescu L., "Recherches sur les réactions entre le fructose et les acides aminés", *Ind. Agro Alim.* 108 (1), Juillet/Août (1991), p[^]p.587-592.
- [25]- Thioulouse J., Chessel D., Dolédec S. et Olivier J.M., ADE-4, version W 1.0, Université de Lyon-1, France, (1999).
- [26]- Tonucci L.H., Holden J.M., Beecher G.R., Khachik F., Davis C.S. and Mulokzi G., "Carotenoid content of thermally processed tomato-based food products", *J. Agric. Food Chem.*, 43, (1995), pp.579-586.
- [27]- Veera C. and Sangchai S., "Study of fluid flow and heat transfer properties of tomato paste", King Mongkut's Inst. of Technology, Thesis B. Eng in chemistry, (1987).
- [28]- Weisberg S., "Minitab reference manual". P.A. states college, Minitab, (1985), p.232. □