

EFFET DES TRAITEMENTS THERMIQUES D'APPERTISATION SUR LA QUALITE BIOCHIMIQUE, NUTRITIONNELLE ET TECHNOLOGIQUE DU SIMPLE, DOUBLE ET TRIPLE CONCENTRE DE TOMATE

Reçu le 08022012/– Accepté le 11/10/2013

Boumendjel Mahieddine<sup>1</sup>, Houhamdi Moussa<sup>2</sup>, Samar Mohamed Faouzi<sup>1</sup>, Sabeg Hedjer, Boutebba Aïssa<sup>3</sup>, Soltane Mahmoud<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centre Universitaire d'El-Tarf. <sup>2</sup> Université de Guelma. <sup>3</sup> Université d'Annaba  
Auteur de correspondance: [mahieddine@yahoo.com](mailto:mahieddine@yahoo.com)

## Résumé

Les traitements thermiques industriels visent à stabiliser les aliments pour de longues périodes de stockage. Ces traitements induisent des variations dans la composition de l'aliment. Le but de notre travail est d'évaluer et de comparer différents traitements thermiques d'appertisation et leurs effets sur les paramètres biochimiques, nutritionnels et technologiques du simple concentré de tomate à 22% Brix, du double concentré de tomate à 28% Brix et du triple concentré de tomate à 32% Brix. Les résultats de nos investigations microbiologiques ont démontré l'efficacité des traitements thermiques à 92°C et 96°C pour le simple concentré de tomate, à 100°C et 110°C pour le double concentré de tomate et à 107,2°C pour le triple concentré de tomate. Enfin, une étude des variations de pH après test de stabilité des conserves confirme l'efficacité des traitements thermiques sur les conserves à pH inférieur à 4,5. Certains paramètres se sont montrés sensibles aux traitements thermiques d'appertisation différemment du simple, double ou triple concentré de tomate. Une différence significative à hautement significative est observée pour les paramètres suivants : Brix, pH, chlorures, couleur et protéines pour le simple concentré de tomate aux deux barèmes d'appertisation; Brix, chlorures, protéines, couleur et Lycopène pour le double concentré de tomate aux deux températures étudiées ; Brix, couleur, protéines, acide ascorbique et tocophérol pour le triple concentré de tomate.

**Mots clés:** Tomate, appertisation, Brix, sucres réducteurs, protéines, vitamines, acide ascorbique, tocophérol, lycopène, viscosité Bostwick.

## Abstract

Industrial heat treatment aims to stabilize food for long storage periods. These treatments induce variation in food composition. The aim of our work is to evaluate and compare different heat treatment effects on biochemical, nutritional and technological parameters of Simple Concentrate Tomato paste at 22% Brix, Double Concentrate Tomato paste at 28% Brix and Triple Concentrate Tomato paste at 32% Brix. The results of microbiological analysis showed a destruction of almost pathogens after canning both SCTP at 92 ° C, SCTP at 96 ° C than the TCTP to 107.2 ° C. Lastly, a comparison of pH variation after a stability test confirms industrial heat treatment efficiency on bottom 4.5 pH cans. Parameters sensitive to canning scales are different between simple and triple concentrate tomato paste. A significant difference and highly significant difference was observed for the following parameters: Brix, pH, Chloride, Color L + a / b protein for the simple concentrate tomato paste at both heat treatments ; Brix, chloride, proteins, color and Lycopene for double concentrate tomato paste at both heat treatment. Sensitive parameters for triple concentrate tomato paste are: Brix, Color L + a / b protein, vitamin C, vitamin E.

**Keywords:** Tomato, canning, Brix, reducing sugars, proteins, vitamins, ascorbic acid, tocopherol, lycopene, Bostwick consistency.

## ملخص

ان الهدف من التقنيات الصناعية المعالجة الحرارية هو تحقيق استقرار المواد الغذائية لفترات طويلة من التخزين. هذه العلاجات تحدث تغييرات في التركيبة الغذائية. الهدف من عملنا هو تقييم ومقارنة المعالجات الحرارية المختلفة وأثارها على المقاييس البيوكيميائية والتغذوية والتكنولوجية للطماطم بسيطة التركيز 22% بركس، الطماطم مضاعفة التركيز إلى 28% بركس و الطماطم ثلاثية التركيز إلى 32% بركس. نتائج تحقيقاتنا الميكروبيولوجية أثبتت فعالية المعالجة الحرارية عند 92°م و 96°م للطماطم بسيطة التركيز، و 100°م و 110°م للطماطم مضاعفة التركيز و 107.2°م للطماطم الثلاثية التركيز. أخيرا، دراسة التغيرات في الرقم الهيدروجيني بعد اختبار الاستقرار يؤكد فعالية المعالجة الحرارية على المعلبات في درجة الحموضة أقل من 4.5. أظهرت بعض المقاييس حساسية مختلفة من العلاجات للحرارة حسب نوع تركيز الطماطم. هناك فوارق معتبرة إلى حد معتبرة للمقاييس التالية : بركس، الرقم الهيدروجيني، والكوريدات، واللون، والبروتين لمعجون للطماطم بسيطة التركيز ؛ بركس والكلورايد، والبروتين، واللون للطماطم مضاعفة التركيز. بركس، واللون، البروتين، حمض الاسكوربيك وتوكوفيرول للطماطم الثلاثية التركيز.

**الكلمات المفتاحية:** طماطم، تعقيم حراري، بركس، سكريات، بروتينات، حمض الأسكوربيك، توكوفيرول، لايكوبين، بوستويك.



La tomate est principalement consommée pour son apport en provitamine A sous forme de terpènes caroténoïdiens. Ces terpènes responsables de la couleur rouge de la tomate sont des provitamines A qui se présentent principalement sous forme de deux molécules: le lycopène et le bêta carotène. Ce sont là deux antioxydants très puissants participant dans les phénomènes de détoxification cellulaire et aidant dans la prévention de différentes formes de cancers (Agrawal et al. 2000) (Gerber 1999), (Mitchell 1994), (Giovannucci E., 1999). A ces deux antioxydants, nous pouvons rajouter dans le bilan du pouvoir antioxydant: le tocophérol, l'acide ascorbique, la lutéine et les polyphénols aussi présents en quantités appréciables dans les fruits de tomate (Guil-Guerrero et al., 2009).

La tomate étant un fruit estival, elle doit être conservée en période de pléthore pour être utilisée durant tout le cycle annuel. Les principales techniques de conservation des fruits de tomate font appel à une concentration puis à des traitements thermiques d'appertisation. Les concentrés de tomate sont ainsi enfermés dans des récipients hermétiquement clos est soumis à des températures qui assureront la destruction ou l'inactivation des enzymes, toxines et microorganismes, pathogènes ou non pathogènes, capables de proliférer aux températures normales d'entreposage et de distribution sans réfrigération (Boumendjel M. & Perraya D. 2008). L'objectif de notre présente étude est d'évaluer l'effet des traitements thermiques d'appertisation appliqués aux simples, doubles et triples concentrés de tomate, sur leur qualité biochimique, nutritionnelle et technologique.

Notre choix s'est basé sur l'évaluation de certains paramètres qui ont une incidence sur la perception de la qualité de ces produits tels que : L'indice de réfraction exprimé en pourcentage de Brix, l'acidité titrable, les chlorures, le taux de protéines, les sucres réducteurs, la viscosité exprimée en consistance Bostwick, la couleur exprimée en valeur L et a/b, le taux d'acide ascorbique, les formes cis et trans du lycopène, le taux de tocophérol.

## MATERIEL ET METHODES

### Préparation des échantillons

Notre étude a porté sur des concentrés de tomate issus de processus technologiques en Hot et Coldbreak et a concerné trois types de produits: le simple concentré de tomate (SCT), le double concentré de tomate (DCT) et le triple concentré de tomate (TCT).

- Les échantillons de SCT sont fabriqués selon la méthode du Hot-Break. Le concentré est obtenu à un pH 4,21 ; viscosité de 8,83cm Bostwick ; Couleur 24,77L2,11a/b ; Brix 22,52% ; protéines

3,47mg/100g ; sucres réducteurs 47,41g/100g ; tocophérol 2,03mg/100g ; ascorbate 13,34mg/100g. Le SCT est ensuite soumis après mise en boîte et sertissage à deux traitements thermiques d'appertisation, l'un à 92°C (±2°C) pendant 45' et l'autre à 96°C (±2°C) pendant 48'.

- Les échantillons de double concentré de tomate sont fabriqués selon la méthode du Cold-Break (CODEX STAN 13-1981). La pâte de tomate est ainsi obtenue à un pH de 4.4 ; viscosité 7cm Bostwick ; couleur R22J65B3.5 ; Brix 29% ; protéines 1.99mg/100g ; sucres réducteurs 46.1g/100ml ; lycopène 25.1mg/100g ; tocophérol 3.2mg/100g ; ascorbate 15mg/100g. Le DCT est soumis après mise en boîte et sertissage à deux traitements thermiques d'appertisation, l'un à 100°C (±2°C) pendant 30' et l'autre à 110°C (±2°C) pendant 25'.
- Les échantillons de triple concentré de tomate sont fabriqués selon la méthode du Hot-Break. Le TCT est ainsi obtenue à un pH de 4,22 ; viscosité de 5,8cm Bostwick ; Couleur 26,9L1,83a/b ; Brix 30,33% ; protéines 5,38mg/100g ; sucres réducteurs 48,42g/100g ; tocophérol 3,76mg/100g ; ascorbate 16,77mg/100g. Le TCT est soumis après mise en sac et sertissage à un traitement thermique d'appertisation à 107,2°C (±2°C) pendant 20''.

Toutes les conserves sont directement refroidies à l'eau courante jusqu'à atteinte d'une température stable approximative 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). Tous les échantillons ont été soumis au test de stabilité (NF V08-402) et ont démontré une stabilité commerciale comme définie par la réglementation en cours (JORA n°35).

## Méthodes analytiques

### Le Brix (indice de réfraction)

Le Brix est le principal paramètre technologique dans les concentrés de tomate. Il représente le degré de concentration du jus de tomate. Ce paramètre fait l'objet d'une réglementation très stricte (JORA, 1997). Le Brix est défini comme étant la concentration en saccharose d'une solution aqueuse ayant le même indice de réfraction que le produit analysé. Cette concentration mesurée à 20°C par l'indice de réfraction est ensuite exprimée par le pourcentage en masse, est mesurée selon une méthode normalisée (NA 5669) au moyen d'un réfractomètre universel d'Abbe (CEE, 1764/86) (ISO 2173).

## Potentiel Hydrogène

Le potentiel hydrogène est une expression globale de l'acidité d'un produit. Cette expression a une valeur aussi bien physico-chimique que microbiologique puisqu'une classification officielle des conserves alimentaires d'origine végétale est faite justement sur la base de ce paramètre (JORA, 1998). Nos échantillons font partie des conserves alimentaires d'origine végétale à pH inférieur à 4,5. Les mesures de pH sont réalisées grâce à un pH-mètre digital suivant une méthode normalisée NF V 08-406 et avec un appareillage normalisé (NF T 90-008).

## L'acidité titrable

Le but est de mesurer approximativement la teneur totale en acides organiques naturels. Le dosage étant effectué par titration avec une base forte (NaOH 0,1N) par virage d'un indicateur coloré (la phénophtaléine). La concentration des acides dans les aliments, tels que les acides acétique, citrique, lactique et malique, est déterminée par titrage d'une prise d'essai à l'hydroxyde de sodium jusqu'à virage à un pH de 8,1. (Board B.W., 1987). L'acide prédominant de la tomate est l'acide citrique monohydraté qui est utilisé dans l'expression des résultats selon une méthode normalisée (NA 691) (NF V05-101).

## Les chlorures

Les chlorures expriment le taux de salinité du produit alimentaire. L'addition de sel en tant que conservateur augmente le Brix du produit. De ce fait, toute expression de Brix doit se faire toujours sel déduit. On estime à 0,5% Brix le taux de sel naturel présent dans le concentré de tomate. Au-delà de ces valeurs, les chlorures dosées sont considérées comme étant issues des sels rajoutés au produit afin d'améliorer sa conservation.

Le dosage se fait selon une méthode normalisée (CEE, 1764/86) par addition d'un excès de nitrate d'argent et d'acide nitrique pour précipiter le chlorure d'argent. On titre l'excès de  $\text{AgNO}_3$  avec du thiocyanate d'ammonium avec de l'alun ferrique ammoniacal comme indicateur.

## Couleur

L'analyse de la couleur a été effectuée grâce à une méthode normalisée par le bureau communautaire de référence de la CEE (Marchandise, 1991), à travers l'emploi d'un colorimètre tristimulus avec optique 0/45° et filtres de lecture GAB calibrés avec carreau BCR. Le colorimètre détermine les valeurs des paramètres : (L) luminosité, (a) la couleur rouge et (b) la couleur jaune puis le rapport recommandé par les normes a/b.

## La viscosité

La viscosité est un facteur technologique important qui est en relation avec la teneur en substances insolubles dans l'alcool : Protéines, Pectines, Polysaccharides (Gallais *et col.*, 1992) (Valencia *et al.*, 2003). Elle est l'effet combiné des liquides, matière soluble, insoluble en suspension qui contribuent à la consistance générale de la pâte de tomate (Hawbecker, 1995).

La consistance est différente entre un produit du Hot-Break et Cold-Break. Ceci étant du aux changements induits par les températures de préchauffage appliquées aux tomates (Chong *et al.*, 2009) et qui produisent non seulement une désactivation des enzymes polygalacturonases (Fachin *et al.*, 2003) et pectinméthylestérases (Rodrigo *et al.*, 2006) mais aussi un changement dans la structure même des polysaccharides eux-mêmes présents dans la pâte de tomate (Huajuan *et al.*, 2005 a. et b.). Le consistomètre Bostwick est une tôle en métal inoxydable, tout au long de laquelle un couloir de 24 cm avec un graduation tous les 0,5 cm permet l'écoulement du produit maintenu par une guillotine.

La mesure de la consistance se fait par libération du concentré de tomate dans le couloir d'écoulement et mesure de la distance parcourue après 30". Le concentré utilisé doit être préalablement dilué à 12,5% Brix à une température ambiante de  $20^\circ\text{C} \pm 0,3^\circ\text{C}$ . Les valeurs sont exprimées en cm Bostwick. La mesure se fait selon une méthode normalisée (Codex STAN, 1981).

## Le taux de protéines

Les fruits de tomate ne contiennent que peu de protéines et ne sont pas consommés pour leur apport en protéines. Ce taux représente les protéines fonctionnelles présentes dans le fruit en tant qu'enzymes impliquées dans le métabolisme des fruits au cours de leur croissance et de leur maturation. La teneur en protéine est exprimée dans les produits à base de tomate à partir du dosage de l'azote total (NF V 03-050). Sachant que les protéines contiennent en moyenne 16% d'azote, on admet par convention que : Protéines en  $\text{g} = 6.25 \times \text{N}$ . Les résultats sont exprimés en mg de protéines par 100gr de produit.

## La teneur en sucres réducteurs

Les glucides sont les principaux constituants des plantes. Ils entrent dans la composition des fruits en tant qu'élément de structure mais aussi en tant qu'élément métabolique. Cette teneur en glucide peu varier en fonction de différents facteurs : luminosité, température, irrigation et engrais. Le glucose, le fructose et le saccharose sont les principaux sucres du fruit (Bodnar *et col.*, 1994). 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).

### Le Lycopène

Le lycopène est le terpène caroténoïdien le plus abondant dans le fruit de tomate. C'est un pigment rouge caractérisé par une structure acyclique symétrique contenant onze doubles liaisons conjuguées et deux non conjuguées qui confèrent à la molécule sa couleur rouge (Nguyen *et al.*, 1999). 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  $\beta$ -carotène n'absorbe qu'à moins de 10%. (Grolier, 1999).

La méthode de dosage du lycopène par HPLC est une méthode plus coûteuse mais plus précise que le dosage spectrophotométrique. Elle permet en outre de distinguer les formes *Cis* et *Trans* d'une même molécule. Les molécules étant de nature lipidique, la phase stationnaire utilisée est une colonne C18 reverse. La phase mobile est quant à elle composée de : Méthanol. Les échantillons additionnés de BHT à 2,5% passent d'abord par une phase de dégazage avant leur injection dans la colonne. La détection se fait à une longueur d'onde toujours de 502 nm.

### Le tocophérol

La vitamine E est le troisième anti-oxydant de la tomate. 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 Rougerea au spectrophotomètre à 510nm (Rougerea, 1981).

### L'acide ascorbique

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-phénol-indophénol (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-phénol-indophénol ; la réaction est quantitative et permet une détermination de l'ascobémie (Pascaud, 1998), (Guil-Guerrero *et al.*, 2009).

### 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 l'analyse en composante principale avec l'ADE-4 (Thioulouse *et Col.*, 1999).

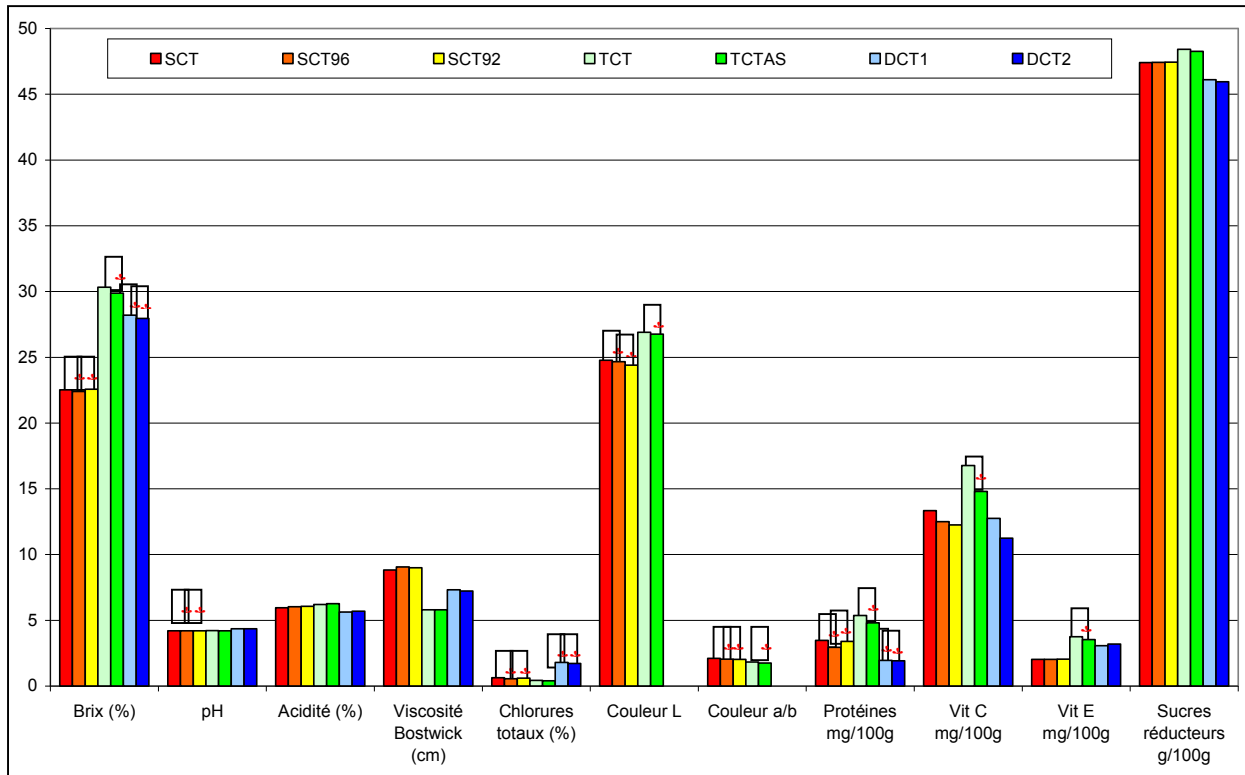
## RESULTATS ET DISCUSSION

### Brix

Il apparaît sur la figure 1 un effet significatif ( $P=0,022$ ) sur le pourcentage de Brix du SCT. La variation de la valeur du Brix va dans le sens de la baisse. Le Brix est d'autant plus touché que la température du traitement est plus élevée. Le Brix étant un paramètre clé de la qualité du concentré, sa baisse est interprétée comme étant une baisse de qualité du concentré. L'appertisation agit très fortement sur les teneurs en Brix du DCT, en les diminuant (-2.75% à 100°C et -3.62% à 110°C), de façon significative ( $P=0,001$ ). Après appertisation, nous distinguons une nette diminution du taux de Brix. Ceci peut s'expliquer par la destruction ou l'entrée en réaction de certains composés intervenant dans l'expression totale de l'indice de réfraction. Il apparaît un effet significatif ( $P=0,003$ ) sur le pourcentage de Brix du TCT. La variation de la valeur du Brix va dans le sens de la baisse. Le Brix étant un paramètre clé de la qualité du concentré, sa baisse est interprétée comme étant une baisse de qualité du produit. Le produit final reste en tout état de cause conforme à la réglementation en vigueur. Aucune non-conformité n'a été décelée pour les échantillons prélevés.

D'après l'analyse des paramètres ayant exprimé une réponse positive au traitement, il apparaît sur le dendrogramme de corrélation de la figure 3 que le Brix est en variation directe avec le taux de protéines ainsi que le taux de chlorures. Ces résultats reflètent l'étroite relation qu'a l'Indice de Réfraction (exprimé en Brix) d'une solution avec les différents composants présent dans celle-ci. En effet, le Brix dépend, entre autre, du taux de protéines et du taux de chlorures présents dans le concentré de tomate comme il a été démontré par différents travaux de chercheurs (Veera *et al.*, 1987), (Thakur *et al.*, 1996). Ceci a été démontré aussi par l'analyse en composante principale lors de nos travaux précédents (Boumendjel *et al.*, 2002, 2003a, 2003b) et sont actuellement confirmés pour les produits SCT et TCT.

**Figure 1:** Différentes variations des paramètres pour le simple concentré sans traitement thermique (SCT), avec traitement d'appertisation à 96°C (SCT96) et à 92°C (SCT92), le double concentré de tomate à 100°C (DCT1) et 110°C (DCT2) et le triple concentré de tomate sans traitement thermique (TCT) et avec traitement thermique d'appertisation (TCTAS).



### Potentiel hydrogène pH

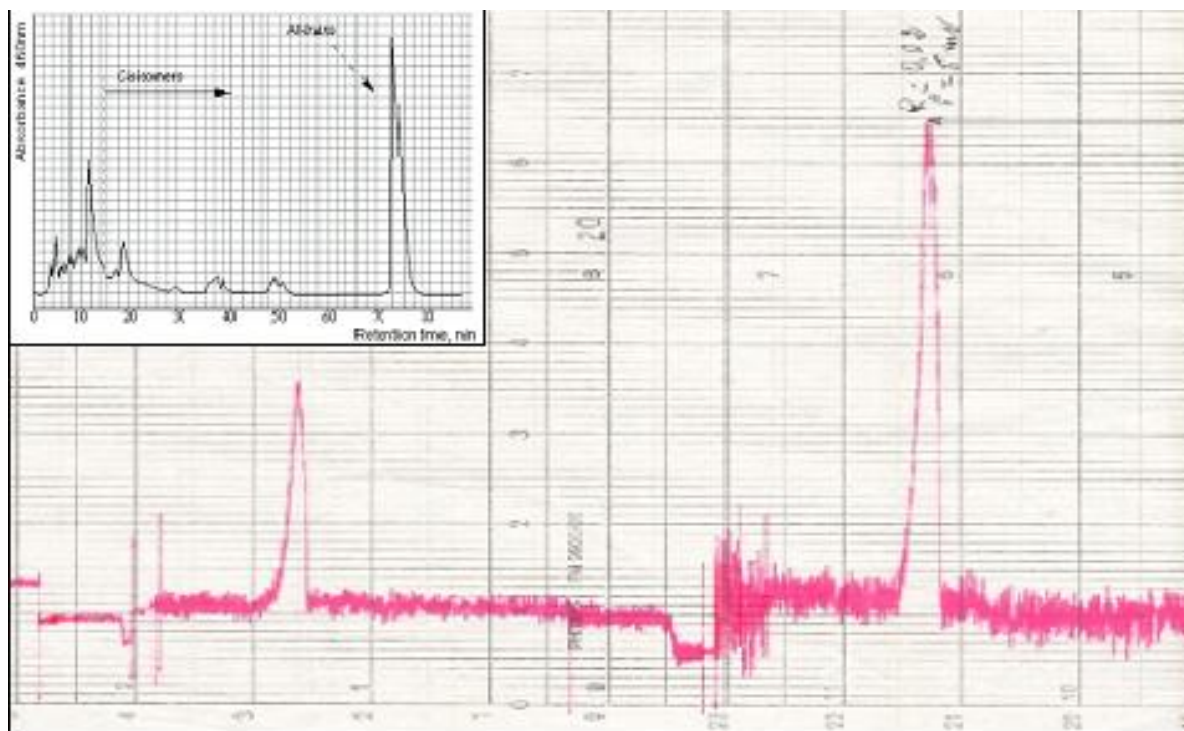
Il apparaît sur la figure 1 un effet significatif ( $P=0,039$ ) du traitement d'appertisation sur le pH du SCT. La variation de la valeur du pH allant dans le sens de la baisse.

Le pH étant un paramètre qualité hygiénique de la pâte de tomate, sa baisse est interprétée comme étant une amélioration de la conservation puisque ces produits sont classés dans la catégorie " conserve alimentaire d'origine végétale à pH inférieur à 4,5". Le produit reste conforme puisque aucune valeur de pH n'est supérieure à 4,5. La variation de pH pour les échantillons étuvés de DCT, reste dans tous les cas inférieure à 0.5 unité de pH ; ceci prouve l'efficacité de l'appertisation, la variation de pH étant probablement due en grande partie à un développement microbien. Il n'apparaît aucun effet significatif ( $P=0,643$ ) du traitement d'appertisation sur le pH du TCT. La variation de la valeur du pH allant tout de même dans le sens de l'augmentation. Le produit reste conforme puisque aucune valeur de pH n'est supérieure à 4,5.

### Acidité titrable

Il apparaît sur la figure 1 un effet non significatif ( $P=0,517$ ) du traitement d'appertisation sur le pourcentage d'acidité du SCT. Nous remarquons toutefois une baisse non significative pour le DCT. En effet, leur diminution est inversement proportionnée à l'augmentation de la température d'appertisation, avec une meilleure conservation à 110°C/25minutes. Il apparaît un effet non significatif ( $P=0,480$ ) du traitement d'appertisation sur le pourcentage d'acidité du TCT.

Tous les échantillons prélevés ont des valeurs inférieures à 10%. Le pourcentage d'acidité devant rester inférieur à 10%. Etant un paramètre qualité physico-chimique de la pâte de tomate, son invariabilité est positivement interprétée. Le produit reste conforme puisque aucune valeur n'est supérieure à 10% (JORA n°35).

**Figure 2:** Détection et identification des isomères *Cis* et *Trans* du Lycopène par HPLC

### Chlorures

Il apparaît un effet significatif ( $P=0,009$ ) du traitement d'appertisation sur le pourcentage de chlorures du SCT. La variation allant dans le sens de la diminution. Il n'apparaît aucun effet significatif ( $P=0,251$ ) pour le TCT. La variation allant tout de même dans le sens de la diminution. Le pourcentage de chlorures étant un paramètre qualité très important, sa variation affecte l'expression globale de l'indice de réfraction exprimé en Brix. Tous les échantillons prélevés ont une valeur inférieure à 2% ce qui est conforme à la législation pour ce type de produits sans sel ajouté (JORA n°35).

### Viscosité

Il n'apparaît aucun effet significatif ( $P=0,438$ ) sur la consistance du SCT. La variation allant tout de même dans le sens de l'augmentation, c'est-à-dire une perte de la consistance du produit et un ramollissement de la pâte de tomate. La consistance est d'autant plus touchée que la température du traitement est élevée. La consistance étant un paramètre technologique du concentré, sa variation ne présente aucun effet sur le classement, la catégorie ou la conformité du produit. L'appertisation n'a de même aucun effet significatif, sur la viscosité du DCT ( $P>0,05$ ). Ceci reste à la limite du seuil de signification du test statistique. Il n'apparaît aucun effet ( $P=1,000$ ) sur la consistance du TCT.

Aucune variation n'est observée, c'est-à-dire aucune perte de la consistance du produit. La consistance étant un paramètre technologique du concentré, il permet de garder une assez bonne consistance du produit lors de sa dilution pour la fabrication du simple concentré de tomate (Shrama et al. 1996). Les produits sur lesquels nous avons travaillé sont en majorité issus d'un processus en Hot-Break, c'est-à-dire ayant subis des températures de désactivation des enzymes polygalacturonases et pectine-méthylestérases responsables du changement de la consistance de la pâte de tomate (Fachin et al., 2003). De même, toutes les tendances étaient à la baisse même si les tests statistiques n'ont pas révélé de différence significative. Ceci est peut-être dû au type d'appareillage utilisé dans l'estimation de la viscosité (ou consistance) du produit. En effet, Kuo-Chiang Hsu (2008) ont pu démontrer avec un viscosimètre Brookfield qu'il existait un effet du traitement sur la viscosité des concentrés de tomate aussi bien en Hot-Break qu'en Cold-Break.

### Couleur

Il apparaît sur la figure 1 un effet significatif du traitement d'appertisation sur la valeur L ( $P=0,029$ ) et la fraction a/b ( $P=0,000$ ) du SCT. La variation allant dans le sens de la diminution. Il apparaît également un effet significatif du traitement d'appertisation sur la valeur L ( $P=0,035$ ) et la fraction a/b ( $P=0,019$ ) du TCT. La variation allant là aussi dans le sens de la diminution. Ce même phénomène est reporté par

différents auteurs aussi bien sur les fractions L que a/b (Kuo-Chiang Hsu, 2008), (Patras *et al.*, 2009), (Sahlin *et al.*, 2004), (Rodrigo *et al.*, 2007). Nous remarquons que la couleur est d'autant plus affectée par le temps d'exposition à la chaleur que la température du traitement. La fraction L exprimant la luminosité du produit, elle reste en relation avec les réactions de brunissement non-enzymatiques. La couleur étant un paramètre technologique, sa variation n'affecte pas la qualité commerciale du produit.

### Sucres réducteurs

Il n'apparaît sur la figure 1 aucun effet ( $P=0,999$ ) du traitement d'appertisation sur le taux de sucres réducteurs du SCT, DCT et TCT. Le taux de sucres réducteurs est un paramètre qualité du produit. Ce taux apparaît comme étant totalement insensible au traitement thermique. Le taux de sucres réducteurs est un paramètre qualité du produit (JORA n°35), (CEE, 1764/86).

### Protéines

Il apparaît sur la figure 1 un effet significatif du traitement d'appertisation sur le taux de protéines ( $P=0,004$ ) du SCT. La variation allant dans le sens de la diminution. Le traitement agit très fortement sur les teneurs en Protéines du DCT en les diminuant (-2.86%), de façon significative ( $P<0,001$ ). Une nette diminution du taux de protéines dans les échantillons est remarquée sur les échantillons ayant subi un stress thermique plus élevé. Il apparaît un effet significatif du traitement d'appertisation sur le taux de protéines ( $P=0,032$ ) du TCT. La variation allant dans le sens de la diminution. Le taux de protéines est un paramètre technologique, sa variation n'affecte en rien la qualité commerciale du produit mais elle affecte l'expression globale de l'indice de réfraction exprimé en Brix.

### Vitamine C

Il n'apparaît sur la figure 1 aucun effet significatif ( $P=0,298$ ) du traitement d'appertisation sur le taux de vitamine C du SCT. La variation allant tout de même dans le sens de la baisse. Le taux de vitamine C est d'autant plus touché que le temps d'exposition au traitement est plus élevé. Aucun effet significatif n'est observé pour le DCT. Il apparaît par contre un effet significatif ( $P=0,027$ ) du traitement d'appertisation sur le taux de vitamine C du TCT. La variation allant dans le sens de la baisse.

Ce type de comportements de la vitamine C est reporté par la littérature (Sanchez-Moreno, 2006), (Patras *et al.*, 2009), (Pérez-Conesa *et al.*, 2009). En effet, la stabilité de la vitamine C est affectée par les procédés industriels faisant appel à des traitements thermiques. Le taux de vitamine C étant un paramètre

nutritionnel non réglementé, sa baisse est interprétée comme étant une perte de la qualité du produit.

D'après l'analyse de la variance, il apparaît sur la figure 3 que les variations de l'acidité exprimée en potentiel hydrogène pH est en relation avec le taux d'acide ascorbique. Ce dernier participera à l'expression globale de l'acidité du concentré de tomate à côté des autres acides organiques présents dans la tomate (Boumendjel *et al.*, 2002, 2003a).

### Vitamine E

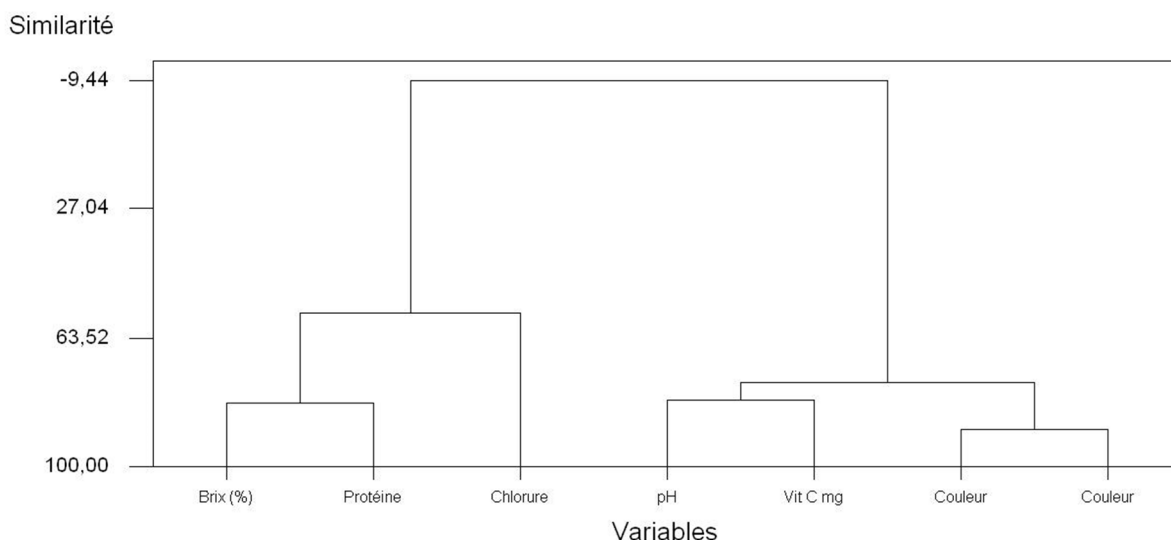
Il n'apparaît sur la figure 1 aucun effet significatif ( $P=0,579$ ) du traitement d'appertisation sur le taux de vitamine E du SCT. La variation allant tout de même dans le sens de l'augmentation. Le taux de vitamine E étant un paramètre nutritionnel, son augmentation est interprétée comme étant une amélioration de la qualité du produit. Concernant le DCT, le taux de tocophérol varie faiblement; ceci s'explique par la bonne résistance de la vitamine E au traitement thermique. Le test *t* de student ne révèle aucune différence significative entre les lots étudiés. Aussi, le pourcentage de déperdition du tocophérol reste sensiblement bas par rapport aux autres vitamines (-1.95%, contre -5.87% pour le lycopène et -20% pour l'acide ascorbique). Il apparaît par contre un effet significatif ( $P=0,044$ ) du traitement d'appertisation sur le taux de vitamine E du TCT. La variation allant dans le sens de la diminution.

Le taux de vitamine E étant un paramètre nutritionnel, sa diminution est interprétée comme étant une baisse de la qualité nutritionnelle et non commerciale du produit.

### Lycopène

La stérilisation agit sur les teneurs en Lycopène de la tomate en les diminuant de façon significative ( $P=0,009$ ). Cette différence est due à sa plus grande thermolabilité vis à vis des augmentations de température (Nguyen *et al.* 1998) (Shrama *et al.* 1996). De plus, nous avons pu déceler par HPLC sur la figure 2 une isomérisation des configuration *all-trans* en isomères *cis*. Il apparaît un pic représentant les formes Lycopène *cis*. Ces formes sont issues du chauffage du Lycopène suite à un traitement thermique comme il a été largement prouvé par la littérature (Nguyen *et al.*, 1997), (Tonucci *et al.* 1995), (Leoni *et al.*, 2001). Ces dernières sont perçues comme une amélioration de la qualité de la pâte de tomate puisqu'elles améliorent l'absorption du Lycopène au niveau des intestins (Stahl *et al.* 1992, 1996, 1999), (Tonucci *et al.* 1995), (Leoni *et al.*, 2001)



**Figure 3:** Dendrogramme de similarité de variation des paramètres sensibles au traitement thermique d'appertisation

## CONCLUSION

Il est évident que les traitements thermiques ont un effet sur la composition biochimique et nutritionnelle des aliments. Cet effet peut être positif tel que le changement de configuration des isomères *all-trans* en *cis* du Lycopène améliorant ainsi leur absorption par l'organisme, comme il peut aussi être néfaste à la qualité nutritionnelle du produit comme c'est le cas pour le taux de protéines, la vitamine C et la vitamine E. Fort heureusement, les concentrés de tomate ne sont pas la seule source de ces anti-oxydants et sa consommation vise beaucoup plus les terpènes caroténoïdiens contenus dans la tomate. Ces derniers compensent leur destruction partielle par un changement de configuration spatiale qui améliore leur biodisponibilité et leur absorption intestinale. Il serait intéressant de faire une évaluation du pouvoir anti-oxydant de ces produits afin d'évaluer cet aspect nutritionnel.

## REFERENCES

- [01] **Agarwal S. & Rao A.V., 2000.** Tomato lycopene and its role in human health and chronic diseases. *CMAJ* **163(6)**: 739-744.
- [02] **Board B.W., 1987.** Le contrôle de la qualité dans l'industrie du traitement des fruits et légumes. *Etude F.A.O., alimentation et nutrition n°39*. 75 p.
- [03] **Bodnar J. & Garton R.W., 1994.** 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.
- [04] **Boumendjel M. & Boutebba A., 2003.** Effet des traitements thermiques sur la qualité biochimique, technologique et nutritionnelle des tomates en conserve. *Sciences & Technologie*. **20**: 51-55
- [05] **Boumendjel M. & Boutebba A., 2003.** Heat treatment effect on the Physico-chemical and nutritional content of double concentrate tomato paste. *Acta Horticulturae* **613**: 429-432
- [06] **Boumendjel M., Boutebba A., Houhamdi M., 2002.** Effet des traitements thermiques sur les antioxydants de la tomate. *Synthèse*, **11**: 78-85

- [07] **Boumendjel M., Perraya D., 2008.** Cédérom multimédia du Cours de conservation des denrées alimentaires. CDAOA version 1.11. Cours en ligne [http://cdao.djamiatic.net]. Copyright © Office National des Droit d'Auteur, juillet 2005
- [08] **Chaux C. & Foury C., 1994.** Productions Légumières: Légumineuses potagères. *Légumes fruits. Collection Agriculture d'aujourd'hui Sciences, Techniques, Applications. Éditions Lavoisier-Tec-Doc.* Paris. **3(3):** 145-231.
- [09] **Chong H.H., Simsek S., Reuhs B.L., 2009.** Analysis of cell-wall pectin from hot and cold break tomato preparations. *Food Research International* **42:** 770-772
- [10] **CODEX STAN - 13 - 1981 -** Norme Codex pour les tomates en conserve. Référé au concentré de tomate Cold-Break, caractéristiques principales. 1998.
- [11] **Fachin D., Van Loey A.M., Nguyen B.L., Verlent I., Indrawati, Hendrickx M.E., 2003.** Inactivation kinetics of polygalacturonase in tomato juice. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* **4:** 135-142
- [12] **Gallais A. & Bannerot H., 1992.** Amélioration des espèces végétales cultivées: objectifs et critères de sélection – *INRA.* p.p. 379-391.
- [13] **Gerber M., 1999.** 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.* 6p.
- [14] **Giovanucci E., 1999.** Intakes of carotenoids and retinol in relationship to risk to prostate cancer. *J. Nat. Can. Inst.* **87:** 1767-1776.
- [15] **Grolier P., 1999.** Antioxdants 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.* 4p.
- [16] **Grolier P., Bartholin G., Broers L., Carisveyrat C., Dadomo M., Di Lucca G., Dumas Y., Meddens F., Sandei L., Schuch W., 2000.** Les anti-oxydants de la tomate et leur biosynthèse. In: *Les anti-oxydants de la tomate et ses dérivés et leur bienfaits pour la santé. Le livre blanc de la tomate, Action concertée de la Commission Européenne, FAIR CT 97-3233.* 3 p.
- [17] **Guil-Guerrero J.L., Reboloso-Fuentes M.M., 2009.** Nutrient composition and antioxidant activity of eight tomato (*Lycopersicon esculentum*) varieties. *Journal of Food Composition and Analysis*, **22:** 123-129
- [18] **Hawbecker D.E., 1995.** Microbiology, Packaging, HACCP & Ingredients. *Plant Quality Control. Comstock Michigan Fruit Div.,* **7:** 261-283.
- [19] **Huajuan Lin, Koichi Aizawa, Takahiro Inakuma, Ryo Yamauchi, Koji Kato, 2005.** Physical properties of water-soluble pectins in hot- and cold-break tomato pastes. *Food Chemistry* **93:** 403-408
- [20] **Huajuan Lin, Xiaoming Qin, Koichi Aizawa, Takahiro Inakuma, Ryo Yamauchi, Koji Kato, 2005.** Chemical properties of water-soluble pectins in hot- and cold-break tomato pastes. *Food Chemistry* **93:** 409-415
- [21] **JORA n°35.** Arrêté interministériel du 24 janvier 1998 modifiant et complétant l'arrêté interministériel du 24 août 1997 relatif aux spécifications microbiologiques de certaines denrées alimentaires, **Journal Officiel de la République Algérienne:** p. 7-25.
- [22] **JORA n°77.** Arrêté interministériel du 24 août 1997 relatif aux conserves de purée de tomate, **Journal Officiel de la République Algérienne:** p. 26.
- [23] **Kuo-Chiang Hsu, 2008.** Evaluation of processing qualities of tomato juice induced by thermal and pressure processing. *LWT,* **41:** 450-459
- [24] **Leoni C., Bartholin G., Van Boekel T., Böhm V., Faulks R., Porrini M., Southon S., 2001.** Effects of mechanical and thermal treatments and storage conditions on the lycopene content. *Tom. news., N° 01/2001.* **13:** 9-14.
- [25] **Marchandise H., 1991.** Le programme BCR (bureau communautaire de référence). The action of the European Community in the quality of the chemical analysis. *Analysis,* **19(1):** i31-i32
- [26] **Mitchell J. & Hill S., 1991.** The use of antioxidants to control polysaccharide molecular weight loss. *Food News.* University of Nottingham. p. 29.
- [27] **Nguyen M.L. & Schwartz S.J., 1997.** Carotenoids, geometrical isomers in fresh and thermally processed fruits and vegetables. *Proceedings of the 2<sup>nd</sup> Karlsruhe Nutrition Symposium, Germany 1997.*
- [28] **Nguyen M.L. & Schwartz S.J., 1998.** Lycopene stability during food processing. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.,* **218(2):** 101-105.

- [29] **Nguyen M.L. & Schwartz S.J., 1999.** Lyopene: Chemical and biological properties. *Food Technol.*, **53(2)**: 38- 45.
- [30] **Norme Algérienne NA 5669** - concernant les produits dérivés des fruits et légumes : détermination du résidu sec.
- [31] **Norme Algérienne NA 691** - concernant les produits dérivés des fruits et légumes : détermination de la teneur en acidité titrable (H+) (ions inorganiques).
- [32] **Norme Française NF T 90-008** - concernant la mesure électrométrique du pH avec l'électrode de verre.
- [33] **Norme Française NF V 03-050** - concernant les produits agricoles alimentaires : Directives générales pour le dosage de l'azote avec minéralisation selon la méthode de Kjeldahl.
- [34] **Norme Française NF V 05-101** - concernant les produit dérivés des fruits et légumes: détermination de l'acidité titrable.
- [35] **Norme Française NF V 05-406** - concernant les produit dérivés des fruits et légumes: détermination du pH.
- [36] **Norme Française NF V 08-402** - concernant le contrôle de stabilité des conserves de pH inférieur à 4.5.
- [37] **Norme ISO 2173** - concernant les produits dérivés des fruits et légumes : détermination du résidu sec réfractométrique.
- [38] **Pascaud M., 1998.** Vitamines. Encyclopædia Universalis version 4.0. France.
- [39] **Patras A., Brunton N., Da Pieve S., Butler F., Downey G., 2009.** Effect of thermal and high pressure processing on antioxidant activity and instrumental colour of tomato and carrot purées. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, **10**: 16–22
- [40] **Pérez-Conesa D., García-Alonso J., García-Valverde V., Iniesta M.D., Jacob K., Sánchez-Siles L.M., Ros G., Periago M.J., 2009.** Changes in bioactive compounds and antioxidant activity during homogenization and thermal processing of tomato puree. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, **10**: 179–188
- [41] **Règlement (CEE) n° 1764/86** de la Commission du 27 mai 1986 fixant des exigences minimales de qualité pour les produits à base de tomate. Document 386R1764.
- [42] **Rodrigo D., Cortés C., Clynen E., Schoofs L., Van Loey A., Hendrickx M., 2006.** Thermal and high-pressure stability of purified polygalacturonase and pectinmethylsterase from four different tomato processing varieties. *Food Research International* **39**: 440–448
- [43] **Rodrigo D., van Loey A., Hendrickx M., 2007.** Combined thermal and high pressure colour degradation of tomato puree and strawberry juice. *Journal of Food Engineering* **79**: 553–560
- [44] **Rougereau A., 1981.** Technique d'analyse et de contrôle de la qualité dans l'industrie agro-alimentaire. *TEC DOC, Lavoisier éd.*, **5**: 246-247.
- [45] **Sahlin E., Savage G.P., Lister C.E., 2004.** Investigation of the antioxidant properties of tomatoes after processing. *Journal of Food Composition and Analysis*, **17**: 635–647
- [46] **Sanchez-Moreno C., Plaza L., de Ancos B., Cano M.P., 2006.** Nutritional characterisation of commercial traditional pasteurised tomato juices: carotenoids, vitamin C and radical-scavenging capacity. *Food Chemistry*, **98**: 749–756
- [47] **Shrama S.K. & Le Maguer M., 1996.** Kinetics of lycopene degradation in tomato pulp solids under different processing and storage conditions. *Food Res. Int.*, **29(3-4)**: 309-315.
- [48] **Smith H.R., 1961.** The consistency of tomato catsup. *The Canning Trade*. **54(1)**: 4-17.
- [49] **Stahl W, Sies H., 1992.** Uptake of lycopene and its geometrical isomers is greater from heat-processed than from unprocessed tomato juice in humans. *J. Nutr.*, **22(11)**:2161-2166.
- [50] **Stahl W. & Sies H., 1996.** Lycopene: a biologically important carotenoid for humans? *Arch. Biochem. Biophys.*, **336(1)**:1-9.
- [51] **Stahl W., 1999.** 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.* 2p.
- [52] **Teodorescu L., juillet/août 1991.** Recherches sur les réactions entre le fructose et les acides aminés. *Ind. Agro Alim.* **108(1)**: 587-592
- [53] **Thakur R.R. & Singh R.K., 1996.** Effect of added soy protein on the quality of tomato sauce. *J. Food Proc. Pres.*, **20(2)**:169-176.
- [54] **Thioulouse J., Chessel D., Dolédec S. & Olivier J.M., 1999.** ADE-4, version W1.0 – Université de Lyon-1. France.
- [55] **Tonucci L.H., Holden J.M., Beecher G.R., Khachik F., Davis C.S. & Mulokzi G., 1995.** Carotenoid content of thermally processed tomato-based food products. *J. Agric. Food Chem.*, **43**: 579-586.

- [56] **Valencia C., Sanchez M.C., Ciruelos A., Latorre A., Madiedo J.M., Gallegos C., 2003.** Non-linear viscoelasticity modeling of tomato paste products. *Food Research International* **36**: 911–919
- [57] **Veera C., Sangchai S., 1987.** Study of fluid flow and heat transfer properties of tomato paste. *King Mongkut's Inst. Of Technology. Thesis B. Eng in Chemistry.*
- [58] **Weisberg S., 1985.** Minitab reference manual. P.A. States collège, Minitab. P232.