

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLICUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



جامعة باجي مختار - عنابة
UNIVERSITE BADJI MOKHTAR - ANNABA



FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT DE BIOCHIMIE
LABORATOIRE DE BIOCHIMIE ET MICROBIOLOGIE APPLIQUEES

THÈSE

Présentée en vue de l'obtention du diplôme de DOCTORAT
En BIOCHIMIE
Option : Biochimie appliquée

THEME

Mise au point des barèmes de stérilisation et évaluation de
leurs effets sur les paramètres de qualité du monoconcentré
de tomate

Présentée par: BECHEKER Abir

Directeur de thèse: M, Boutebba. A

Professeur, Université d'Annaba

Membres de Jury:

Président :

M. Kahoul. M

Professeur, Université d'Annaba

Examineurs :

M.Boumendjel. M

Maitre de conférence A, Université d'Annaba

Mme.Hennouni. N

Maitre de conférence A, Université d'El-Tarf

Année universitaire : 2019/2020

Remerciements

Avants tous, je remercie

mon **DIEU**

tout puissant de m'avoir donné la force, le
courage et la patience pour compléter ce
modeste travail.

*Je remercie énormément le professeur BOUTEBBA Aissa qui a accepté de diriger
ma thèse. Sa grande disponibilité et ses qualités humaines m'ont beaucoup aidé dans ce
travail de recherche. Je le prie de croire à l'expression de ma profonde gratitude.*

Je dois plus que de simples remerciements au Professeur Kahoul Mohamed

qui a accepté de présider le

jury. Je remercie vivement le professeur Hennouni. N et le

maitre de conférence Boumendjel. M pour

avoir acceptés d'examiner ce travail.

Je tiens profondément à remercier M. BENAMOR Sami, le directeur du groupe

Amor Ben Amor Guelma qui m'a autorisé et facilité le travail au sein de l'usine. Je

remercie également Adel, Leila, Safia, Nadjoua et Ilhème pour leur disponibilité et l'aide

qu'ils m'ont apporté durant la réalisation des expériences faites à l'entreprise.

Mes remerciements vont également à M. HAMMADI, le dir CACQE Annaba, qui m'a permis

de réaliser certaines analyses microbiologiques et la. Mes remerciements vont aussi à

monsieur Lotfi (section physico-chimie) et madame Nadia (section microbiologie).

Je tiens à remercier M. Berrahmoune Adel, le directeur du laboratoire de contrôle de la

qualité agroalimentaire El-Bouni, Annaba qui m'a permis de réaliser certaines analyses

microbiologiques.

Je tiens à remercier

M. BOULAZAZ Kamel, le directeur du laboratoire PREMIXEST El-harrouch et toute son équipe : Lilia, Fatima et Zina et aussi M. Geghib.M

qui m'ont beaucoup aidé pour

la détermination de certains paramètres de qualité..

Je remercie Melles BOUAKADIA Amel et Hayett ,Touhami Iméne , Boualegue Imen ,

Nour et Mounir pour leurs disponibilité. Ses conseils avisés

m'ont été d'une grande utilité.

Mes sincères remerciements à tous les membres du Laboratoire de Biochimie et de Microbiologie Appliquée du département de Biochimie de l'Université Badji Mokhtar

Annaba.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à **MES PARENTS,**
AMMAR et SALIHA qui sont pour moi
l'exemple de sacrifice, de compréhension,
d'encouragement et qui m'ont donné tous les
moyens d'aller aussi loin.

Spécialement à mon cher mari **Mohamed** pour tout
son aide, sa disponibilité, son suivi et sa confiance et à
la lumière de ma vie ma petite fille **Léa Léane**.

A mes chères sœurs **Marwa, Anfel et Sabaa-Chiraz** et à
mes chers neveux **Amrou Mohamed Joud-Leit** et

Amrou Kaiss

Je leurs souhaite tout le bonheur du monde.

A mes beaux
parents **Kamel et**
Akila et à mon
beau frère **Hakim**.

A toute la famille
BECHEKER,
BENSETTITTI
et **TOUAGHZIT**.

A toute l'équipe du laboratoire N°18 et principalement
Hayett, Iméne, Nour, Mounir et Samir et à tous les
enseignants du département de Biochimie de l'université

Badji Mokhtar, Annaba.

Et à toute
personne que je
connais.



Table des matières

Table des matières

Résumés

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction

I. Recherche bibliographique

I.1. Généralités	03
I.2. Importance économique de la tomate	5
I.2.1. Production de la tomate au niveau mondiale	5
I.2.2. Production de la tomate en Algérie	5
I.3. Fruit de tomate	5
I.3.1. Variétés de tomate	5
I.3.2. Types de tomate	8
I.3.2.1. Tomate de table	8
I.3.2.2. Tomate industrielle	8
I.3.3. Composition biochimique de la tomate.....	9
I.3.4. Microconstituants antioxydants de la tomate.....	9
I.3.4.1. Implication des microconstituants de la tomate dans le système de défense antioxydant et dans la prévention des cancers.....	15
I.4. Monoconcentré de tomate	16

Table des matières

I.4.1. Filière du monoconcentré de tomate en Algérie	16
I.4.2. Processus technologique de fabrication du monoconcentré de tomate.....	18
I.4.2.1. Réception, lavage et triage	18
I.4.2.2. Broyage et raffinage	20
I.4.2.3. Concentration.....	20
I.4.2.4. Pasteurisation	20
I.4.2.5. Remplissage	21
I.4.2.6. Sertissage	21
I.4.2.7. Stérilisation	21
I.4.2.8. Refroidissement	21
I.4.2.9. Stockage	22
I.4.2.10. Vérifications	22
I.4.3. Risques de dégradation de composés biochimiques par le processus technologique de fabrication du monoconcentré de tomate	22
I.5. Protéines de la tomate	22

II. Matériel et méthodes d'analyses

II.1. Matériel biologique	25
II.2. Analyse de la qualité du monoconcentré de tomate	25
II.2.1. Analyses microbiologiques	26
II.2.1.1. Détermination des charges microbiennes du jus frais et du monoconcentré de tomate	26
II.2.1.1.1. Dénombrement de la flore mésophile aérobie totale	26
II.2.1.1.2. Dénombrement de la flore fongique	26

Table des matières

II.2.1.1.3. Dénombrement des Entérobactéries	28
II.2.1.1.4. Dénombrement des Colstridium (aérobiques) sulfito-réducteurs	28
II.2.1.1.5. Dénombrement des Coliformes totaux	28
II.2.1.1.6. Dénombrement des Staphylocoques pathogènes	28
II.2.1.1.7. Recherche des Salmonelles	28
II.2.1.2. Tests de stabilité des échantillons du monoconcentré de tomate	29
II.2.2. Conception et validation des brèmes de stérilisation	29
II.2.3. Technologie de fabrication du monoconcentré de tomate	29
II.2.3.1. Réception et déchargement	29
II.2.3.2. Lavage et triage	29
II.2.3.3. Broyage et préchauffage	29
II.2.3.4. Filtration	31
II.2.3.5. Concentration	31
II.2.3.6. Pasteurisation	31
II.2.3.7. Remplissage des boîtes	31
II.2.3.8. Stérilisation	31
II.2.4. Prélèvement et préparation des échantillons	31
II.2.5. Analyses physicochimiques de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate	33
II.2.5.1. Potentiel d'hydrogène (pH)	33
II.2.5.2. Matières sèches solubles (Brix)	33
II.2.5.3. Viscosité	33
II.2.5.4. Acidité titrable	33
II.2.5.5. Teneurs en sucres réducteurs	34
II.2.5.6. Dosage des pigments: Lycopène et β -carotène	35
II.2.5.7. Détermination du rapport des couleurs rouge sur jaune et de la luminosité	35

Table des matières

II.2.5.8. Dosage de la vitamine C	36
II.2.5.9. Dosage de la vitamine E	36
II.2.5.10. Taux de protéines	37
II.3. Extraction et détermination des taux de protéines de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate.....	38
II.3.1. Extraction des protéines de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate par les méthodes de Rocco et al., 2006, de Bencievni et al., 2011, de Pascual et al., 2012 et par la méthode standard d'extraction des protéines d'origine végétale	39
II.3.1.1. Extraction des protéines de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate par la méthode de Rocco et al., 2006.....	39
II.3.1.2. Extraction des protéines de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate par la méthode de Bencievni et al., 2011	39
II.3.1.3. Extraction des protéines de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate par la méthode de Pascual et al., 2012.....	39
II.3.1.4. Extraction des protéines de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate par la méthode standard d'extraction des protéines d'origine végétale	40
II.3.1.5. Lyophilisation de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate	40
II.3.2. Mise au point de la méthode d'extraction des protéines de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate par combinaisons des méthodes d'extraction de Pascual et al., 2012, de Bencievni et al.,2011 et la méthode standard d'extraction des protéines d'origine végétale	40
II.3.2.1. Extraction des protéines de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate par la méthode obtenue par combinaison entre la méthode de Pascual et al., 2012 et celle de Bencievni et al.,2011	40
II.3.2.2. Extraction des protéines de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate par la méthode obtenue par combinaison entre les méthodes de Pascual et al., 2012, de Bencievni et al.,2011 et la méthode standard d'extraction des protéines végétales.....	41

Table des matières

II.3.3. Effets de certains paramètres physicochimiques sur la quantité de protéines extraites de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate par la méthode mise au point par combinaison entre les méthodes de Pascual et al., 2012, de Bencievanni et al.,2011 et la méthode standard d'extraction des protéines végétales	41
II.3.3.1. Effet de la sonication sur l'extraction des protéines de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate.....	42
II.3.3.2. Effet du pH sur l'extraction des protéines de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate	42
II.3.3.3. Effet de la température sur l'extraction des protéines de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate.....	42
II.3.3.4. Effet du temps d'extraction sur les protéines de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate.....	43
II.3.4. Mise au point de la méthode d'extraction des protéines de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate.....	43
II.3.5. Analyses électrophorétiques des protéines de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate extraites par les différentes méthodes d'extraction utilisées	43
II.3.5.1 Electrophorèse monodimensionnelle des protéines de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate	44
II.3.5.2. Electrophorèse bidimensionnelle des protéines de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate	45
II.3.5.2.1. Isoélectrofocalisation-1D (IEF-1D) des protéines de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate	45
II.3.5.2.2. Electrophorèse bidimensionnelle (2D) des protéines de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate	45
II.5. Analyse statistique.....	46

Table des matières

III. Résultats et discussions

III.1. Analyse de la qualité du monoconcentré de tomate	47
III.1.1. Analyses microbiologiques	47
III.1.1.1. Détermination des charges microbiennes et des tests de stabilités du jus frais et du monoconcentré de tomate.	47
III.1.2. Analyses physicochimiques	50
III.1.2.1. Effets de chaque phase du processus technologique de fabrication du monoconcentré de tomate sur chaque paramètre physicochimique.....	50
III.1.2.1.1. Effets de la filtration et du préchauffage sur chaque paramètre physicochimique.	50
III.1.2.1.2. Effet de la concentration sur chaque paramètre physicochimique.....	52
III.1.2.1.3. Effets des phases de pasteurisation et de stérilisation sur chaque paramètre physicochimique.	53
III.1.2.2. Variations des paramètres physicochimiques en fonction du processus technologique de production du monoconcentré de tomate en Hot-Breack et en continu des années 2015, 2016 et 2017	58
III.2. Analyse de la variation des protéines de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate en fonction du processus technologique.....	63
III.2.1. Extraction des protéines de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate des récoltes 2015, 2016 et 2017 par les méthodes de Rocco et al., 2006, de Bencievanni et al., 2011, de Pascual et al., 2012, par la méthode standard d'extraction des protéines d'origine végétale et par les méthodes d'extractions obtenues par les combinaisons.....	63
III.2.2. Effets de paramètres physicochimiques sur l'extraction des protéines de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate des récoltes 2015, 2016 et 2017 par la méthode mise au point	67
III.2.3. Mise au point de la méthode d'extraction du maximum des protéines de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate des récoltes 2015, 2016 et 2017.....	73

Table des matières

III.2.4. Variation des protéines de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate en fonction du processus technologique en Hot-Breack et en chaine continue.....	76
III.2.4.1. Electrophorèse monodimensionnelle sur gel de polyacrylamide en sodium dodécyl sulfate (SDS-PAGE) des protéines extraites de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate de la récolte 2015 par les méthodes de Rocco et al., 2006, de Bencieveni et al., 2011, de Pascual et al., 2012 et par la méthode standard d'extraction des protéines végétales.....	76
III.2.4.2. Electrophorèse monodimensionnelle sur gel de polyacrylamide en sodium dodécyl sulfate (SDS-PAGE) des protéines extraites de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate de la récolte 2015 par la méthode obtenue par combinaison des méthodes de Pascual et al., 2012 et de Bencieveni et al., 2011et celle obtenue par combinaison des méthodes de Pascual et al., 2012, Bencieveni et al., 2011 et la méthode standard d'extraction des protéines végétales.....	78
III.2.4.3. Electrophorèse bidimensionnelle sur gel de polyacrylamide des protéines extraites de la tomate fraîche de la récolte 2015 par les méthodes de Rocco et al., 2006, de Bencieveni et al., 2011, de Pascual et al., 2012 et la méthode standard d'extraction des protéines végétales.....	80
III.2.4.4. Electrophorèse bidimensionnelle sur gel de polyacrylamide des protéines extraites de la tomate fraîche de la récolte 2015 par la méthode obtenue par combinaison des méthodes de Pascual et al., 2012 et de Bencieveni et al., 2011et celle obtenue par combinaison des méthodes de Pascual et al., 2012, Bencieveni et al., 2011 et la méthode standard d'extraction des protéines végétales.....	82
III.2.4.5. Electrophorèse bidimensionnelle sur gel de polyacrylamide des protéines extraites du monoconcentré de tomate de la récolte 2015 par les méthodes de Rocco et al., 2006, de Bencieveni et al., 2011, de Pascual et al., 2012 et la méthode standard d'extraction des protéines végétales.....	82
III.2.4.6. Electrophorèse bidimensionnelle sur gel de polyacrylamide des protéines extraites du monoconcentré de tomate de la récolte 2015 par la méthode obtenue par combinaison des méthodes de Pascual et al., 2012 et de Bencieveni et al., 2011et celle obtenue par combinaison des méthodes de Pascual et al., 2012, de Bencieveni et al., 2011 et la méthode standard d'extraction des protéines végétales.....	85

Table des matières

III.2.4.7. Electrophorèse monodimensionnelle sur gel de polyacrylamide en sodium dodécyl sulfate (SDS-PAGE) des protéines extraites de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate par la méthode mise au point.....	85
III.2.4.8. Electrophorèse bidimensionnelle sur gel de polyacrylamide des protéines extraites de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate par la méthode mise au point	87
III.3. Relations linéaires entre les paramètres physicochimiques en fonction du processus technologique de fabrication du monoconcentré de tomate	91

Conclusion

Références bibliographiques

Annexes



Liste des abréviations

Liste des abréviations

α seuil de signification.

AA acide ascorbique

ANC apport nutritionnel conseillé

A_w activity water (activité de l'eau)

DHAA acide déhydroascorbique

EAG Equivalant acide gallique

Cal calorie

g gramme

Kg kilo gramme

Min minute

H heure

he hectare

HDL lipoprotéine de forte densité (*high density lipoprotein*)

l ou L litre

LDL Low-density lipoprotein (lipoprotéine basse densité)

m masse

mg milligramme

µg microgramme

Mt million de tonnes

nm nano mètre

PM poids moléculaire

q quintaux

t tonnes

TEAC Antioxidant Capacity Trolox Equivalent

UFC/g unité formant une colonie/gramme

VLDL lipoprotéine de très basse densité (*very low density lipoprotein*)

SDS-PAGE électrophorèse sur gel de polyacrylamide en sodium dodécylsulfate

KDa kilo Dalton

Mr masse moléculaires relatives

pHi pH isoélectrique

1D monodimensionnelle

2D bidimensionnelle

SAB Sérum Albumine Bovine

Liste des abréviations

SDS dodécylsulfate de sodium

DTT Dithiothreitol

DLA 3-((3-Cholamidopropyl)diméthylammonio)-1-propanesulfonate

NaCl Chlorure de sodium



Liste des figures

Liste des figures

Liste de Figures

Figures	Titres	Pages
Figure N°1	Structures et formes du tocophérol	13
Figure N°2	Structure de l'acide ascorbique et de l'acide déshydroascorbique	14
Figure N°3	Totale des tomates transformées en tonne	17
Figure N°4	Evolution de la production de la tomate industrielle en millier de tonnes	19
Figure N°5	Variations moyennes des taux de Brix, d'acide ascorbique (vitamine C), d' α -tocophérol (vitamine E), de sucres réducteurs et des protéines en fonction des phases du processus technologique de production du monoconcentré de tomate des récoltes 2015,2016 et 2017	59
Figure N°6	Variations moyennes des taux de β -carotène, de lycopène, des protéines, de la viscosité, de la luminosité, du rapport des couleurs rouge sur jaune en fonction des phases du processus technologique de production du monoconcentré de tomate des récoltes 2015,2016 et 2017	60
Figure N°7	Variations moyennes du taux de pH et de l'acidité titrable, en fonction des phases du processus technologique de production du monoconcentré de tomate provenant des tomates des récoltes 2015,2016 et 2017	62
Figure N°8	Variations des concentrations moyennes des protéines extraites de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate des récoltes 2015, 2016 et 2017 par la méthode mise au point obtenue par combinaison des méthodes de Pascual et al., 2012, Bencievanni et al., 2011 et la méthode standard d'extraction des protéines végétales en fonction de la variation du pH	70

Liste des figures

Figure N°9	Variations des concentrations moyennes des protéines extraites de la tomate fraiche et du monoconcentré de tomate des récoltes 2015, 2016 et 2017 par la méthode mise au point obtenue par combinaison des méthodes de Pascual et al .,2012, Bencievni et al., 2011 et la méthode standard d'extraction des protéines végétales en fonction du temps d'extraction	71
Figure N°10	Variations des concentrations moyennes des protéines extraites de la tomate fraiche et du monoconcentré de tomate des récoltes 2015, 2016 et 2017 par la méthode mise au point obtenue par combinaison des méthodes de Pascual et al .,2012, Bencievni et al., 2011 et la méthode standard d'extraction des protéines végétales en fonction de la variation de la température	72
Figure N°11	Diagramme d'extraction des protéines de la tomate fraiche et du monoconcentré de tomate des récoltes 2015, 2016 et 2017 avec sonication 10x10 pulses à pH=8 et à 40°C pendant 15 minutes	74
Figure N°12	Diagrammes électrophorétiques des protéines extraites de la tomate fraiche et du monoconcentré de tomate de la récolte 2015 par les méthodes de Rocco et al, 2006, Bencievni et al., 2011, Pascual et al ., 2012 et la méthode standard d'extraction des protéines végétales séparées par électrophorèse monodimensionnelle (SDS-PAGE)	77
Figure N°13	Diagrammes électrophorétiques des protéines extraites de la tomate fraiche et du monoconcentré de tomate de la récolte 2015 par la méthode obtenue par combinaison des méthodes de Bencievni et al., 2011 et de Pascual et al., 2012 et celle obtenue par combinaison des méthodes de Bencievni et al.,	79

Liste des figures

	2011, Pascual et al., 2012 et la méthode standard d'extraction des protéines végétales séparées par électrophorèse monodimensionnelle (SDS-PAGE)	
Figure N°14	Cartes des protéines extraites de la tomate fraîche de la récolte 2015 par les méthodes de Rocco et al, 2006, Bencievanni et al., 2011, Pascual et al., 2012 et la par méthode standard d'extraction des protéines végétales séparées par électrophorèse bidimensionnelle	81
Figure N°15	Cartes des protéines extraites de la tomate fraîche de la récolte 2015 par la méthode obtenue par combinaison des méthodes de Bencievanni et al., 2011 et de Pascual et al., 2012 et celle obtenue par combinaison des méthodes de Bencievanni et al., 2011, Pascual et al., 2012 et la méthode standard d'extraction des protéines végétales séparées par électrophorèse bidimensionnelle	83
Figure N°16	Cartes des protéines extraites du monoconcentré de tomate de la récolte 2015 par les méthodes de Rocco et al, 2006, de Bencievanni et al., 2011, de Pascual et al., 2012 et la méthode standard d'extraction des protéines végétales séparées par électrophorèse bidimensionnelle	84
Figure N°17	Cartes des protéines extraites du monoconcentré de tomate de la récolte 2015 par la méthode obtenue par combinaison des méthodes de Bencievanni et al., 2011 et de Pascual et al., 2012 et celle obtenue par combinaison des méthodes de Bencievanni et al., 2011, Pascual et al., 2012 et la méthode standard d'extraction des protéines végétales séparées par électrophorèse bidimensionnelle	86
Figure N°18	Diagrammes des protéines extraites de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate des récoltes 2015, 2016 et 2017 par la méthode mise aupoint	88

Liste des figures

	séparées par électrophorèse monodimensionnelle sur gel de poly acrylamide en sodium dodécylsulfate (SDS-PAGE)	
Figure N°19	Cartes des protéines extraites de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate de la récolte 2015 par la nouvelle méthode mise en évidence séparées par électrophorèse bidimensionnelle sur gel de poly acrylamide	90



Liste des tableaux

Liste des Tableaux

Liste de Tableaux

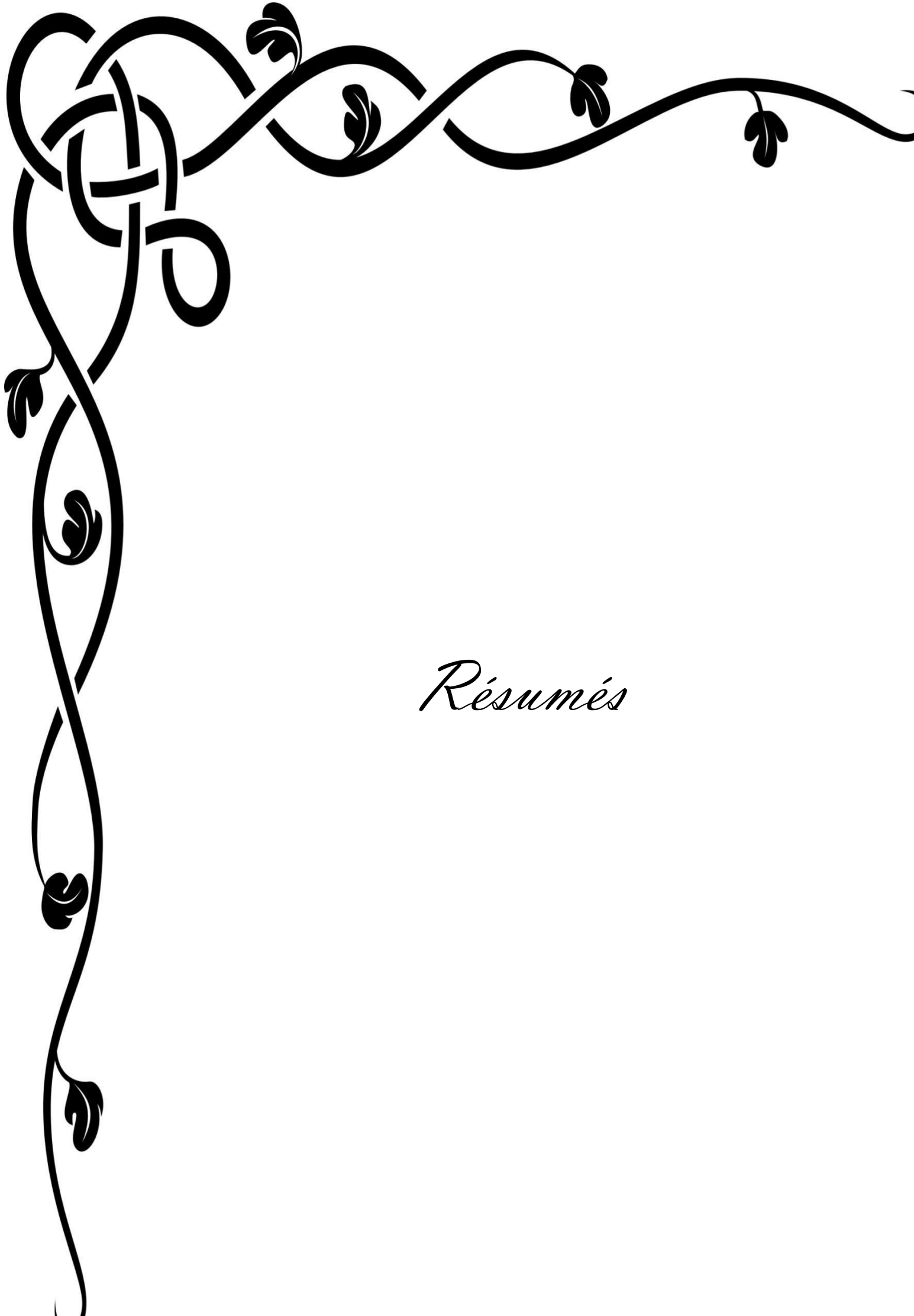
Tableaux	Titres	Pages
Tableau N°1	Production mondiale de la tomate en milliers de tonnes par année	6
Tableau N°2	Entreprises de transformation de tomates industrielle en Algérie	7
Tableau N°3	Teneurs des microconstituants majoritaires de la tomate (Pour 100g de produit frais)	10
Tableau N°4	Teneurs des principaux caroténoïdes dans la tomate fraîche	12
Tableau N°5	Allergènes connus de la tomate	24
Tableau N°6	Milieus de culture et dilutions utilisées pour le dénombrement des germes	27
Tableau N°7	Barèmes de stérilisation et paramètres utilisés dans le processus technologique de fabrication du monoconcentré de tomate	30
Tableau N°8	Echantillons prélevés au niveau de chaque étape du processus technologique de fabrication du monoconcentré de tomate des récoltes 2015, 2016 et 2017	32
Tableau N°9	Charges microbiennes du jus frais et du monoconcentré de tomate des récoltes 2015, 2016 et 2017	48
Tableau N°10	Variation des pH des monoconcentrés de tomate obtenus au cours du processus technologique de production en continu et en Hot-Break des récoltes 2015, 2016 et 2017 après incubation à 30°C pendant 21 jours	49
Tableau N°11	Effets de la phase de filtration et de préchauffage à une température moyenne 64,66°C pendant 20 min sur chaque paramètre physicochimique	51
Tableau N°12	Effet de la phase de concentration à une température moyenne 88,23°C pendant 2 heures	54

Liste des Tableaux

	sur chaque paramètre physicochimique	
TableauN°13	Effet de la phase de pasteurisation à une température moyenne 91.7°C pendant 20 minutes	55
TableauN°14	Effet de la phase de stérilisation à une température moyenne 95.1°C pendant 10 minutes sur chaque paramètre physicochimique	56
TableauN°15	Concentrations moyennes déterminées par spectrophotométrie à $\lambda=660$ nm des protéines extraites de tomate fraîche et du monoconcentré de tomate des récoltes 2015,2016 et 2017 par les différentes méthodes utilisées	64
TableauN°16	Influence de la sonication sur l'extraction des protéines de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate des récoltes 2015, 2016 et 2017 réalisé par la méthode mise au point obtenue par combinaison des méthodes de Pascual et al .,2012, Bencievni et al., 2011 et la méthode standard d'extraction des protéines végétales	68
TableauN°17	Concentrations moyennes des protéines extraites de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate des récoltes 2015, 2016 et 2017 par la méthode mise au point par combinaison des méthodes de Pascual et al .,2012, Bencievni et al., 2011 et la méthode standard d'extraction des protéines végétales	75
TableauN°18	Intensités relatives des bandes et masses moléculaires des protéines de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate des récoltes 2015,2016 et 2017 séparées par électrophorèse monodimensionnelle sur gel de poly acrylamide en sodium dodécylsulfate (SDS-PAGE)	89

Liste des Tableaux

TableauN°19	Corrélations linéaires entre les paramètres physicochimiques de chacun des 3 groupes déterminés en fonction du processus technologique des récoltes 2015, 2016 et 2017	92
--------------------	--	----



Résumés

Résumé

Au cours du processus technologique de fabrication du monoconcentré de tomate par la méthode Hot-Break en continu avec la tomate des récoltes des années 2015, 2016 et 2017, au moment du préchauffage du jus à 64.66°C pendant 20 min et filtration, les taux de Brix, d'acide ascorbique, d' α -tocophérol, de sucres réducteurs, de β -carotène, de lycopène, de protéines et le rapport des couleurs rouge sur jaune et la luminosité décroissent. Au niveau de la concentration du jus à 88.23°C durant 2h, il y a augmentation de ces paramètres. Lors de la pasteurisation à 91.7°C pour 20 min et la stérilisation à 95.1°C en 10 min, les taux de Brix, d'acide ascorbique, d' α -tocophérol et de sucres réducteurs baissent tandis que les taux de lycopène et de β -carotène, le rapport des couleurs rouge sur jaune, la luminosité et la viscosité augmentent. La teneur en protéines reste stable. Tout au long du processus technologique le pH baisse. Le groupe constitué des taux de Brix, d'acide ascorbique, d' α -tocophérol et de sucres réducteurs et celui formé par les taux de lycopène et de β -carotène, le rapport des couleurs rouge sur jaune et la luminosité varient de façon comparable à l'intérieur de chaque groupe. La viscosité évolue tel les taux de lycopène et de β -carotène, le rapport des couleurs rouge sur jaune et la luminosité dans les phases de pasteurisation et de stérilisation. Les teneurs en protéines changent comme les taux de Brix, d'acide ascorbique, d' α -tocophérol, de sucres réducteurs, de β -carotène et de lycopène et le rapport des couleurs rouge sur jaune et la luminosité jusqu'au début de la pasteurisation. Il est prouvé l'existence de relations linéaires positives entre le taux de Brix et ceux de sucres réducteurs et d' α -tocophérol, le taux de sucres réducteurs et d' α -tocophérol, le taux de lycopène et de β -carotène ainsi que la viscosité, le taux de β -carotène et la viscosité, le taux de protéines et de Brix, de sucres réducteurs, d'acide ascorbique, de lycopène et de β -carotène et le taux d' α tocophérol et de protéines. Il n'existe pas de relations linéaires entre le taux d'acide ascorbique et de Brix, le taux de sucres réducteurs et d' α -tocophérol, le taux de lycopène et le rapport des couleurs rouge sur jaune aussi bien que la luminosité, le taux de β -carotène et le rapport des couleurs rouge sur jaune et la luminosité, le rapport des couleurs rouge sur jaune avec la luminosité et la viscosité, la viscosité et la luminosité et le taux de protéines avec le rapport des couleurs rouge sur jaune et la luminosité. Il est montré la relation entre les protéines et la qualité du monoconcentré de tomate. La méthode d'extraction des protéines de

Résumé

la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate mis au point permet de suivre les variations des protéines pendant le processus technologique.

Mots clés : Monoconcentré de tomate, Paramètres physicochimiques, Variations, Protéines, Extraction, Electrophorèse 1D et 2D.

Abstract

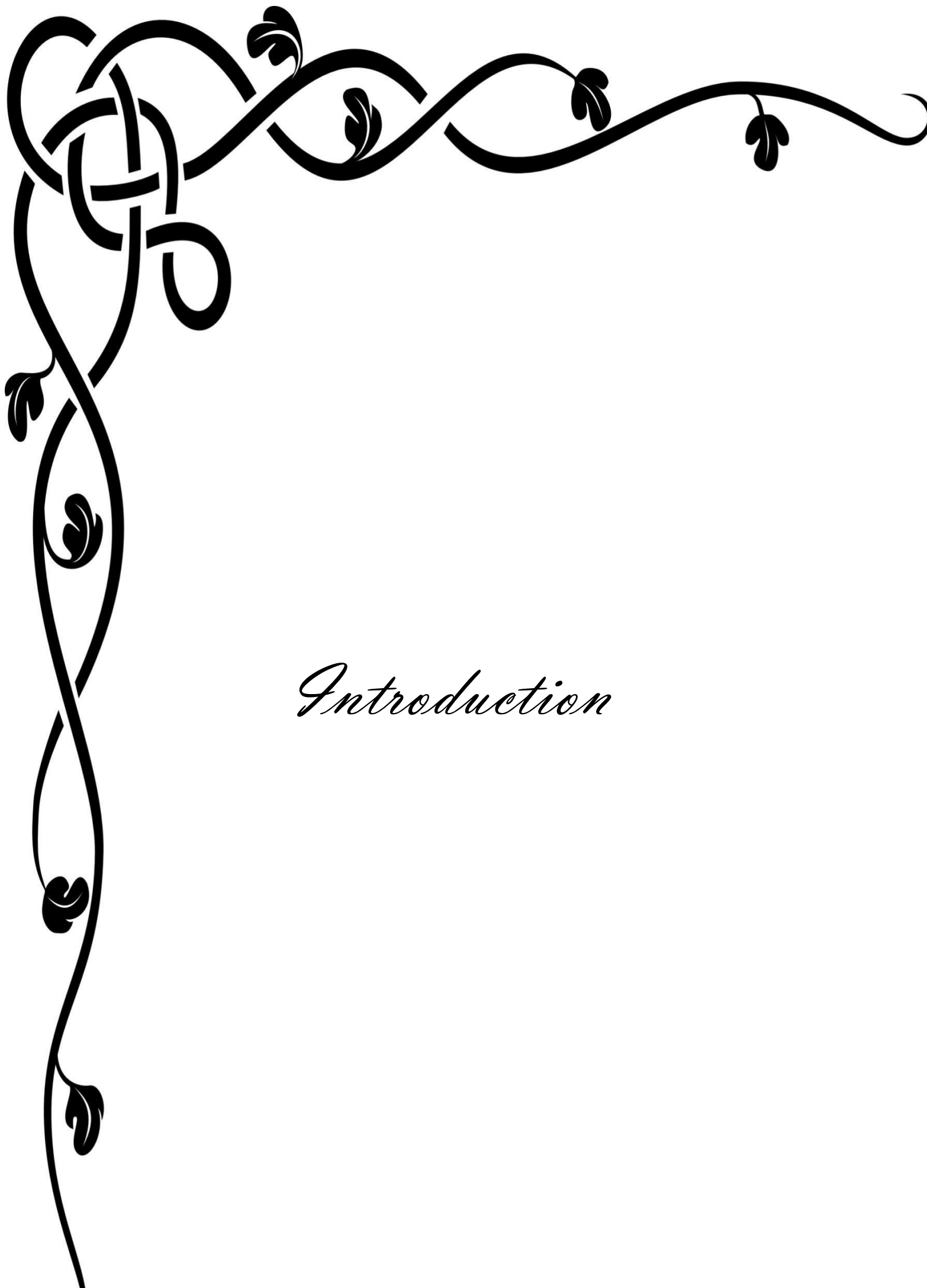
In order to evaluate the variations of the physicochemical parameters according to the phases of the technological process of manufacture of the monoconcentrated tomato by the continuous Hot-Break method, tomato varieties cultivated in the field under biological conditions are used. The crushed fresh tomato is filtered and preheated to 64.66°C for 20 min. The juice obtained is concentrated at 88.23 ° C for 2 hours to 22% Brix. The concentrate is pasteurized at 91.7°C for 20 min and then sterilized at 95.1°C in 10 min. Physicochemical parameters are determined by normalized standard methods. The linear correlation coefficients are calculated with the MiniTab v.16 software. For analysis of fresh tomato and tomato monoconcentrate proteins extraction with DLA solution, spectrophotometric assay at $\lambda = 660$ nm, single and two dimensional SDS-PAGE electrophoresis are used. At the time of preheating and filtration, the levels of Brix, ascorbic acid, α -tocopherol, reducing sugars, β -carotene, lycopene, proteins, ratio of the red color on the yellow color and brightness decrease. At the level of concentration, there is an increase in these parameters. During pasteurization and sterilization, levels of Brix, ascorbic acid, α -tocopherol and reducing sugars decrease while levels of lycopene and β -carotene, the ratio of the red color on the yellow color, brightness and viscosity increase. The protein content remains stable. Throughout the technological process, the group consisting of Brix, ascorbic acid, α -tocopherol and reducing sugars and the one formed by the levels of lycopene and β -carotene, of the ratio of the red color on the yellow color and brightness vary in a comparable way within each group. The viscosity changes such as lycopene and β -carotene levels, the ratio of the red color on the yellow color and brightness in the pasteurization and sterilization phases. The protein content changes as Brix, ascorbic acid, α -tocopherol, reducing sugars, β -carotene and lycopene levels and the ratio of the red color on the yellow color and brightness to the beginning of the pasteurization. The existence of positive linear and non-linear relationships between specific physicochemical parameters is proven. It is shown the relationship between protein and product quality. A new method of extracting proteins from fresh tomatoes and tomato monoconcentrates is highlighted. The calculation of protein levels in the lower and downstream of the technological process confirms their loss during the filtration phase.

Key words: Monoconcentrated tomato paste, Physicochemical parameters, Variations, Proteins, Extraction, Electrophoresis 1D and 2D.

Abstract

من أجل تقييم الاختلافات في المعايير الفيزيوكيميائية وفقاً لمراحل العملية التكنولوجية لتصنيع الطماطم أحادية التركيز، تم استخدام عدة أصناف الطماطم المزروعة بطريقة عضوية. لقد تم تسخين ثم ترشيح الطماطم الطازجة المسحوقة إلى 64.66 درجة مئوية لمدة 20 دقيقة. تتم عملية تركيز العصير المسخن و المرشح الذي تم الحصول عليه في 88.23 درجة مئوية لمدة 2 ساعة إلى غاية الحصول على 22 ٪ بريكس. يتم بسترة الطماطم المركزة المتحصل عليها في 91.7 درجة مئوية لمدة 20 دقيقة ثم تعقيمها عند 95.1 درجة مئوية في 10 دقيقة. يتم تحديد المعلمات الفيزيوكيميائية بالطرق القياسية العالمية. يتم حساب معاملات الارتباط الخطية بواسطة برنامج المينيتاب MiniTab v.16 أما فيما يخص تحليل بروتينات الطماطم الطازجة والطماطم أحادية التركيز، تم استخراج البروتينات و مقايستها حسب الامتصاص الضوئي عند الطيف $\lambda = 660$ نانومتر، يتم استخدام الالكتروفوراز أحادية وثنائية الأبعاد. خلال عملية التسخين والترشيح، لوحظ انخفاض في نسبة البركس، حمض الأسكوربيك، ألفا توكوفيرول، السكريات المرجعة، β كاروتين، الليكوبين، البروتين ونسبة بين اللونين الأحمر والأصفر. أما خلال مرحلة التركيز فقد لوحظ أن هناك زيادة في هذه المعايير. أثناء البسترة والتعقيم لوحظ انخفاض في البركس، حمض الأسكوربيك، ألفا توكوفيرول والسكريات المرجعة في حين أن مستويات اللايكوبين و β كاروتين، النسبة بين اللونين الأحمر والأصفر إضافة إلى زيادة في اللزوجة. يبقى محتوى البروتين مستقرًا في جميع مراحل العملية التكنولوجية. لوحظ أن هنالك مجموعة تتكون من معدل بريكس، حمض الأسكوربيك، ألفا توكوفيرول والسكريات المرجعة و توجد أيضا المجموعة المتشكلة من نسبة الليكوبين و β كاروتين، النسبة بين اللونين الأحمر والأصفر و الأحمر و التي تتغير بطريقة مماثلة داخل كل مجموعة. التغييرات في اللزوجة مماثلة لتغير الليكوبين وبيتا كاروتين النسبة بين اللونين الأحمر والأصفر في مرحلتى البسترة والتعقيم. يتغير محتوى البروتين مثل تغير البركس، و حامض الأسكوربيك، و ألفا توكوفيرول، والسكريات المرجعة، ومستويات البيتاكارونان و الليكوبان، النسبة بين اللونين الأحمر والأصفر حتى بداية البسترة. وثبت وجود علاقات خطية إيجابية وغير خطية بين معايير فيزيوكيميائية معينة. لقد تم وضع طريقة جديدة لاستخلاص البروتينات الخاصة بالطماطم و الطماطم أحادية التركيز تسمح بمتابعة تطور نسبة البروتين خلال عملية تصنيع الطماطم أحادية التركيز.

كلمات البحث: تصفية، طماطم أحادية التركيز، المعايير الفيزيوكيميائية، بروتين، استخلاص، الالكتروفوراز أحادي و ثنائي الأبعاد.



Introduction

INTRODUCTION

La tomate *Lycopersicon esculentum* est l'une des cultures maraîchères les plus répandues dans le monde. Elle est largement consommée pour ses propriétés nutritionnelles et organoleptiques (Sawadogo et al., 2015) et particulièrement pour son apport en terpènes caroténoïdiens antioxydants très puissants: le lycopène et le β -carotène (Frusciante et al., 2007) responsables de la couleur rouge de la tomate (Lenucci et al., 2006) participant dans les phénomènes de détoxifications cellulaires aidant à la prévention de différents types de cancers (Omoni et al., 2005) notamment celui de la prostate (Kucuk et al., 2002 ; Obermuller-Jevic et al., 2003; Campbell et al., 2004) et réduisent le risque de maladies cardio-vasculaires (Ludwig et al., 1999; Lairon et al., 2005). A ces deux molécules il est ajouté dans le bilan du pouvoir antioxydant l' α -tocophérol et l'acide ascorbique présents en quantités appréciables dans la tomate (Toor et al., 2005; Koh et al., 2008; Guil-Guerrero et al., 2009). Plusieurs études ont montré que la bio accessibilité du lycopène et du β -carotène des tomates cuites est plus grande que celles des tomates crues (Parada et al., 2007; Porrini et al., 2008). Cet aliment est très fragile et périssable. Sa teneur en eau supérieure à 85% est souvent à l'origine des pertes post-récoltes. Ces dernières peuvent atteindre plus de 40% dans beaucoup de pays (Dossou et al., 2006). Le développement des technologies de conservation a pallié à ce problème. L'industrie de transformation technologique vise à conserver ce fruit estival pour qu'il soit disponible durant toute l'année. Il est transformé en différents produits. Cependant les traitements mécaniques et thermiques appliqués au cours des différentes phases du processus technologique de fabrication des concentrés de tomate affectent les paramètres physicochimiques tel que les sucres réducteurs et les protéines (Lavelli et al., 2003; Sahlin et al., 2004). En effet, les microconstituants sensibles à la chaleur peuvent être partiellement dégradés lors des réactions d'oxydation et d'isomérisation (Nguyen et al., 2001; Yokota et al., 2003; Ishida et al., 2007). Le but actuel des conservateurs est la réduction des barèmes de stérilisation pour l'amélioration de la qualité des concentrés de tomate, tout en maintenant la sécurité sanitaire en assurant la destruction ou l'inhibition des enzymes, des toxines et des microorganismes pathogènes ou non pathogènes capables de proliférer aux températures normales d'entreposage et de distribution sans réfrigération (Sawadogo et al., 2015). Il est important de préserver les nutriments tout au long des phases du processus technologique de production des concentrés. Le monoconcentré de tomate est destiné à la fabrication des sauces et des purées employées dans des préparations culinaires, du Ketchup, des jus etc.....Ce produit obtenu à partir des

Introduction

dilutions du triple ou du double concentrés de tomate nécessite une grande quantité d'énergie (**Houssou et al., 2015**). Le processus technologique en Hot-Break et en chaîne continue de fabrication du monoconcentré de tomate réduit significativement la quantité d'énergie utilisée. La majorité des études réalisées jusqu'à présent se sont intéressées qu'aux effets des processus technologiques sur les teneurs en microconstituants dans le triple et le double concentré de tomate sans suivre leur évolution tout au long du processus technologique. Des protéines abondantes dans les fruits de tomate sont révélées par des approches protéomiques, certaines d'entre elles peuvent être source d'allergénicité. La filtration appliquée influe sur la teneur en protéines. Aucun protocole expérimental d'extraction des protéines du monoconcentré de tomate permettant de suivre les variations des protéines tout au long du processus technologique de fabrication du monoconcentré de tomate n'est mis en évidence. C'est dans ce contexte de concentré de tomate que s'inscrit ce travail consacré à l'évaluation des effets des barèmes de stérilisation sur les paramètres de qualité du monoconcentré de tomate.



Recherche bibliographique

I. Recherche bibliographique

I.1. Généralités

La tomate (*Solanum lycopersicum L.*) est une espèce de plante herbacée de la famille des solanacées. Elle est constituée de trois parties: le péricarpe (comprenant la peau et la partie charnue), le gel contenu dans les loges et les graines. La peau consiste en quatre à cinq couches de cellules de type épidermique ou hypodermique sous une fine cuticule (**Hulme, 1971**). Compte tenu de son importance économique, la tomate est l'objet de nombreuses recherches scientifiques et est considérée comme une plante modèle pour les études scientifiques sur les fruits charnus. Elle est capable de pousser sous des climats variés et sur des sols minéraux qui ont une bonne capacité de rétention d'eau et une bonne aération (**Elattir et al., 2003**). Son développement optimal requiert un climat tempéré chaud. Le zéro de germination est de 12°C. L'optimum de la croissance est de 15 à 18°C en phase de grossissement des fruits, l'optimum de la température ambiante est de 25°C le jour et de 15°C la nuit. L'intensité lumineuse joue également sur le développement de la plante et sa floraison. La durée du jour est d'une grande importance (**Yamagushi, 1983**). Il est généralement considéré qu'un excès de vigueur de la plante de tomate en début de culture retarde la précocité de la production. La modulation de la concentration saline de la solution nutritive est un des moyens utilisés pour maîtriser le développement des jeunes plantes (**Hulme, 1971**). L'alimentation hydrique représente un facteur important de rendement et de qualité, entre autres de calibre. Une alimentation en eau irrégulière entraîne une irrégularité du point de vue de l'alimentation en calcium et entraîne donc la nécrose apicale. Les besoins hydriques sont surtout importants à partir de la floraison du deuxième bouquet (**Elattir et al., 2003**). Une exposition à d'importantes radiations lumineuses lors de la croissance du fruit permet d'accroître les teneurs en caroténoïdes et vitamine C (**Marsic et al., 2010**). Sa culture fait appel à diverses techniques (en plein champ, sous abri léger, en serre, culture hydroponique, etc) dans le cadre de deux filières distinctes: la tomate de marché, pour la consommation en frais et la tomate d'industrie pour la transformation. Les variétés destinées à la transformation sont spécifiques puisque leurs caractéristiques répondent aux exigences de l'industrie. Elles sont cultivées en plein champ et doivent alors résister à des conditions climatiques particulières ainsi qu'aux pathologies et ravageurs affectant ce fruit. La récolte se fait à maturation et de façon

Recherche bibliographique

mécanique ce qui implique l'utilisation de variétés caractérisées par une croissance déterminée et une croissance groupée des fruits (**Gould, 1991**). Les tomates destinées au marché du frais sont généralement cultivées en serre ou en plein champ. Elles se récoltent manuellement à un stade de maturité incomplet lorsque les fruits sont encore très fermes et peu colorés. La tomate est la troisième espèce cultivée au monde en terme de volume de production, après la pomme de terre et la patate douce. En 2015, 226,2 millions de tonnes de tomates ont été produites dans le monde. La tomate tient une place importante dans l'alimentation humaine ; elle est considérée comme étant un fruit riche en lycopène qui est un puissants antioxydant et agent de prévention des cancers (**Lenucci et al., 2006; Willcox et al., 2008**), cependant elle peut déclencher une réaction allergique associée au développement de certains symptômes pathologiques. Elle se consomme soit crue, en salade, en mélange avec d'autres ingrédients, ou en jus, soit cuite dans d'innombrables préparations culinaires. En 2015, la consommation mondiale de tomates (fraîches et transformées) s'élevait à 202,8 millions de tonnes (**FAOSTAT, 2015**). La tomate est considérée comme l'une des plus importantes cultures destinées à la transformation alimentaire pour la préparation des sauces, du jus et des concentrés. Cette activité est dominée par les pays de l'Association Méditerranéenne Internationale de la tomate qui en détiennent 41 %, suivis par les Etats-Unis d'Amérique 34%. La Chine a rapidement conquis la troisième position de la production mondiale avec 12 % et se situe aujourd'hui au premier rang mondial des pays exportateurs de concentré (environ 600.000 T d'exportation de juillet 2005 à juin 2006). Mis à part les Etats Unis qui consomment la majeure partie de leur production, la transformation de la tomate dans les autres pays est réalisée essentiellement pour la production de concentré industriel destiné à l'exportation. En Algérie à compter de 2001, la taxation à la frontière du triple concentré de tomate est passée de 30% à 60% entraînant une forte baisse des importations, les industriels préfèrent souvent transformer la tomate locale plutôt que diluer le triple et le double concentré, ce qui a entraîné une augmentation de la demande de tomate industrielle locale de la part des transformateurs (**Bouزيد et Bedrani, 2013**). Les importations ont connu une baisse fulgurante, passant de 38 100 T en 2004 à 2600T en 2000. Ce sont particulièrement les deux années 2003 et 2004 qui ont enregistré des volumes d'importation comparativement beaucoup moins importants que les années précédentes. Le démantèlement des droits additionnels provisoires ayant probablement eu un effet accélérateur. Pour l'année 2005, les achats extérieurs ont reculé de façon sensible. 80% de nos besoins nationaux sont atteints. L'objectif est de passer dans les prochaines années de 80 à 100%.

I.2. Importance économique de la tomate

I.2.1. Production de la tomate au niveau mondial

La tomate est cultivée dans presque tous les pays du monde avec une production de plus de 240 millions de tonnes (**Tableau N°1**). Cette production est répartie dans toutes les zones climatiques y compris dans des régions relativement froides grâce au développement des cultures sous abri, à l'échelle mondiale, près de cinq millions d'hectares (4,98 millions ha) sont réservés annuellement à cette culture avec une production de 140 millions de tonnes et un rendement moyen de 28,3 tonnes à l'hectare (**FAO STAT, 2015**).

I.2.2. Production de la tomate en Algérie

En Algérie, la tomate ne cesse de gagner une place importante dans l'économie du pays, elle prend la deuxième place en maraîchage après la pomme de terre comme légume de base où la consommation des légumes frais a beaucoup augmenté à la suite du développement démographique galopant. Pour l'année 2016, la tomate fraîche est cultivée sur l'ensemble du territoire national en vivrière. La culture de la tomate industrielle est développée dans les wilayas suivantes: Skikda, Annaba, El Taraf, Guelma, Jijel, Batna, Souk Ahras, Bejaia, Boumerdés, Chlef, Alger, Blida, Ain Defla, Tipaza, Mostaganem, Mascara et Sidi Bel-Abbés (**MADR, 2010**). Les principaux produits fabriqués sont le simple, le double et le triple concentré de tomate. Les principales entreprises intervenant dans ce domaine sont données dans **le tableau N°2**.

I.3. Fruit de tomate

I.3.1. Variétés de tomate

On distingue cependant plusieurs catégories de tomates, selon le mode de croissance de la plante et surtout selon le type de fruit :

- ✚ Les variétés à fruit plat et côtelé, de type tomate de Marmande, dont le poids est élevé puisqu'il peut dépasser 1 kg ;
- ✚ Les variétés à fruit arrondi, dont le poids varie de 100 à 300 g, pour lesquelles il existe plus particulièrement de nombreuses variétés hybrides dont les fruits se conservent longtemps
- ✚ Les variétés à fruit allongé avec une extrémité arrondie, de type Roma, ou pointue, de type Chico. Ces dernières variétés sont surtout destinées à l'industrie. Elles ont toute

Recherche bibliographique

**Tableau N° 1 : Production mondiale de la tomate en milliers de tonnes par année
(Lenne et Branthome, 2006)**

Pays	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Espagne	1472	1588	1746	2200	2850	1750
France	309	241	243	221	157	120
Grèce	935	861	984	1200	850	850
Italie	4806	4325	5316	6400	5300	4800
Portugal	917	802	864	1180	1000	1000
Algérie	270	260	260	276	150	250
Jordan	50	60	25	40	40	40
Maroc	180	180	80	160	150	150
Tunisie	430	560	620	743	735	600
Turquie	950	1500	2000	1750	1626	1300
Californie	7838	10029	8393	10589	8706	10000
Canada	482	561	492	590	590	560
Mexique	136	111	90	51	51	63
Bulgarie	30	130	236	150	250	250
Chine	1000	2300	2800	4200	3200	3800
Japon	60	57	49	47	44	48
Malte	115	9	10	12	10	10
Syrie	-	350	112	130	110	150
Brésil	1000	1100	1250	1399	1100	1000
Chili	725	545	607	720	756	650
Argentine	255	215	430	405	360	280
Venezuela	7	8	7	35	40	40
Perou	45	45	60	67	60	45
Australie	380	374	361	320	317	309
Nouvelle Zélande	53	38	40	40	64	64
Afrique de sud	204	215	170	200	160	150
Sénégal	74	47	43	53	53	82

**Tableau № 2 : Entreprises de transformation de tomates industrielle en Algérie
(Anonyme, 2009)**

Entreprise	Wilaya	Production (Tonnes) en 2009
COJEK	Bejaia	4932
JUKOB	Blida	
NCA	Alger	
SICAM	Blida	
TRISTAR	Blida	
AMOUR	Blida	
IZDIHAR	Annaba	40000
SIPA	Annaba	
N-GAOUS	Batna	
SOUMAA	Annaba	
CAB	Guelma	
HIMANIA	Sidi-Bel-Abess	7120
TELLOISE	Chlef	

des fruits qui répondent à un certain nombre de critères technologiques liés à leur transformation. Certaines de ces variétés se prêtent à la récolte mécanique ;

✚ Les variétés de petite dimension et de faible poids: tomate cerise, cocktail (Coll, 2006).

I.3.2. Types de tomate

I.3.2.1. Tomates de table

Les tomates de table sont grosses, moins rouges que les tomates industrielles et contiennent beaucoup de pépins et d'eau, leur peau est peu résistante. Elles sont utilisées pour la salade ou transformées en purée pour sauce. Leur rendement à l'hectare est faible comparé à la tomate industrielle ; elles ne peuvent donc pas faire l'objet d'une transformation industrielle (MTCTHG, 2009).

I.3.2.2. Tomates industrielles

Les tomates industrielles sont très rouges, allongées et de dimensions plus petites. Elles ont une peau résistante. Ce type de tomate est caractérisé par un taux de matières sèches élevé. Ces tomates se prêtent à la transformation industrielle. Pour la préparation des concentrés, elles doivent répondre à certains nombre de critères de qualité, les fruits doivent être fermes, sains, résistants à l'éclatement et l'écrasement au moment de la récolte, durant le transport et le stockage. L'extrait sec total du fruit de tomate est essentiel pour l'élaboration du concentré, plus l'indice de réfractométrie est grand, moins il faut de kg de tomate fraîche pour fabriquer 1 kg de monoconcentré à 22 %. Cependant, le fruit doit être de grand calibre, ce que se traduit par une diminution de la main d'œuvre à la récolte et au triage (Miladi, 1970). Le pH du produit à transformer doit être inférieur à 4,5 de façon à limiter le temps de stérilisation nécessaire pour préserver la qualité du produit fini. L'acidité est d'une même importance que le pH, la teneur en acide citrique dans la tomate ne doit pas être inférieure à 0,35 %. Pour la couleur, elle doit être d'un rouge caractéristique aussi bien pour la peau du fruit que pour la pulpe (MTCTHG, 2009). Le fruit doit avoir une teneur élevée en substances pectiques (1,2 à 1,5 %) pour augmenter la consistance du produit fini (Miladi, 1970).

I.3.3. Composition biochimique de la tomate

La tomate est un aliment très peu énergétique, car prise crue, elle n'apporte qu'environ 22 K calories /100 g et 26 K calories /100 g à l'état cuit, elle est composée de 95 % d'eau et 5% de matière sèche composée de 50% de sucres, 25% d'acides organiques, 8 % de minéraux, 2% d'acides aminés, des caroténoïdes et autres métabolites secondaires (**Lamand et al., 1996**) (**Tablea N°3**). La tomate est un fruit climactérique, ce qui signifie qu'au début de sa maturation, le fruit présente un pic de respiration caractéristique associé à un pic de dégagement d'éthylène (C₂H₄). L'éthylène est un gaz qui joue un rôle d'hormone de maturation des fruits (**Hulme, 1971; Hulme, 1970**). Au cours de sa maturation, la tomate change de couleur du fait de la dégradation de la chlorophylle et de la biosynthèse des caroténoïdes, passant du vert au blanc, puis au jaune, avant de revêtir peu à peu sa couleur rouge. L'hydrolyse des réserves d'amidon entraîne une augmentation de la teneur en sucre lors de la maturation. L'acidité des fruits, est due à la présence des acides citrique et malique. Elle est maximale au stade jaune. Ainsi, le goût du fruit se développe, tout comme la texture molle caractéristique des fruits mûrs, grâce à l'action d'enzymes au niveau des parois cellulaires (**Hulme, 1971**). La consommation de ce fruit protège l'organisme humain de certaines pathologies (maladies cardio-vasculaires, cancers et diabète de type 2) (**Rimm et al., 1996 ; Lairon et al., 2005**). Les minéraux et les vitamines sont indispensables au bon fonctionnement de l'organisme (**Ferguson et al., 1999; Vanbreemen et al., 2008; Visioli et al., 2003**). Les fibres stimulent la digestion et facilitent le transit intestinal. La composition des tomates des différentes variétés varie significativement en fonction des cultivars (**Lenucci et al., 2006**), des conditions agro-climatiques et de conservation (**Luthria et al., 2006; Stimestad et al., 2005**).

I.3.4. Microconstituants antioxydants de la tomate

Les propriétés nutritionnelles de la tomate sont dues en grande partie à la présence des microconstituants antioxydants (caroténoïdes, vitamines). La majorité du lycopène se trouve dans la peau et la pulpe (**Toor et al., 2005**).

Des carotènes et des xanthophylles sont localisés à différents stades de développement dans les différents tissus du fruit. Le β -carotène est détecté dans tous les tissus. Il est présent de façon relativement homogène (**Moco et al., 2007**). Les xanthophylles (néoxanthine,

Recherche bibliographique

Tableau № 3 : Teneurs des constituants majoritaires de la tomate (pour 100g de produit frais)

(Tables de composition USDA <http://www.nal.usda.gov>)

Composés	Teneurs (dans 100g de tomate)
Eau (%)	94.5
Energie (Kcal)	18
Protéines (g)	0.88
Lipides (g)	0.20
Cendres (g)	0.50
Fibres (g)	1.20
Sucres (g)	2.63
Glucose (g)	1.25
Fructose (g)	1.37
Calcium (mg)	10
Fer (mg)	0.27
Magnésium (mg)	11
Phosphore (mg)	24
Potassium (mg)	237
Sodium(mg)	5
Zinc (mg)	0.17
Manganèse (mg)	0.114
Vitamine C (mg)	12.7
Niacine (mg)	0.59
Alpha tocophérol (mg)	0.54
Beta carotène (µg)	449
Lycopéne (µg)	2573
Acide gras saturé (g)	0.045
Acide gras moninsaturé (g)	0.050
Acide gras polyinsaturé (g)	0.135
Phytostérols (mg)	7

Recherche bibliographique

violaxanthine et lutéine) sont détectées dans toutes les parties du fruit et sont majoritairement présents au sein de la région vasculaire, du placenta et de la columelle. Le (*E*)-lycopène est le caroténoïde qui constitue le principal pigment de la tomate. Le β -carotène et l' α -carotène possèdent une activité pro-vitaminique A. Des intermédiaires de la biosynthèse du lycopène (phytoène, phytofluène, neurosporène) sont identifiés (*Leonardi et al., 2000; Ben Aziz et al., 1973*). Des produits issus de l'oxydation du lycopène sont présents dans les tomates fraîches, notamment le 1,2-époxy-lycopène et le 5,6-époxy-lycopène (*Ben Aziz et al., 1973*) ainsi que des produits de coupure (apo-6', apo-8', apo-10', apo-12' et apo-14'-lycopénals) (*Ben Aziz et al., 1973; Kopec et al., 2010*). Certaines variétés contiennent des composés particuliers comme le (7,7',9,9'-tetra-*Z*)-lycopène qui est le caroténoïde majoritaire de la tomate tangerine (*Inshida et al., 2007*). Les principaux caroténoïdes identifiés dans les tomates fraîches sont répertoriés dans le **tableau N°4**. Il est distingué la présence de xanthophyles.

Le fruit contient les vitamines A, B, K et E. Dans le groupe de la vitamine B, il est retrouvé la thiamine (B1), la riboflavine (B2), la niacine (B3), l'acide panthoténique (B5), la vitamine B6 et les folates (B9). Les vitamines C et E sont les plus étudiées. Les teneurs en vitamine E varient en fonction des variétés et des dates de récolte (*Dumas et al., 2003; Marsic et al., 2010*). Elle est répartie dans les différents tissus mais c'est dans les graines que les concentrations les plus importantes sont retrouvées. Elles ne sont pas digérées par l'organisme. La tomate contribue peu aux apports en vitamine E (*Dumas et al., 2003; Marsic et al., 2010*).

L' α -tocophérol est la forme de vitamine E majoritairement retrouvée. Les autres formes de tocophérol (β -, γ - et δ -) (**Figure N°1**) sont présentes dans des proportions plus faibles.

La vitamine C est présente dans tous les tissus mais surtout concentrée au niveau de l'épiderme (*Mocco et al., 2007; Toor et al., 2005*). Elle est présente sous les formes oxydée (DHAA) et réduite (AA) (**Figure N°2**). Les teneurs en vitamine C totale sont variables selon les variétés et les conditions de culture; elles sont généralement comprises entre 7 et 30 mg/100g (de matière fraîche) mais peuvent atteindre 70 mg/100g pour des tomates cerises (*Raffo et al., 2006; Chassy et al., 2006; Toor et al., 2006*). Les proportions d'acides ascorbique (AA) et déhydroascorbique (DHAA) varient également en fonction des cultivars et des conditions environnementales. La forme oxydée représente 0 à 85 % de la vitamine C totale et peut même atteindre 90% lorsque les fruits sont cultivés sous un climat chaud.

Tableau N° 4 : Teneurs des principaux caroténoïdes identifiés dans la tomate fraîche

Caroténoïdes	Teneurs (mg/100g de produit frais)	Références
Lycopéne	0.11-17.5	(<i>Rimm et al., 1996; Dumas et al., 2003; Leonardi et al., 2000; Ngyuen et al., 2001; Raffo et al., 2006; Martinez et al., 2002</i>)
Beta –carotène	0.08-1.06	(<i>Rimm et al., 1996; Dumas et al., 2003; Leonardi et al., 2000; Raffo et al., 2006</i>)
Alpha-carotène	0.01-0.07	(<i>Dumas et al., 2003; Leonardi et al., 2000; Raffo et al., 2006</i>)
Segma-carotène	0.01-0.90	(<i>Leonardi et al., 2000</i>)
Phytoène	0.01-1.92	(<i>Dumas et al., 2003; Leonardi et al., 2000; Raffo et al., 2006</i>)
Phytofluéne	0.04-1.05	(<i>Dumas et al., 2003; Leonardi et al., 2000; Raffo et al., 2006</i>)
Lutéine	0.01-0.20	(<i>Leonardi et al., 2000; Raffo et al., 2006</i>)
Neurosporéne	0.01-0.05	(<i>Dumas et al., 2003; Leonardi et al., 2000; Raffo et al., 2006</i>)
1,2-Epoxy-lycopène	0.03-0.17	(<i>Leonardi et al., 2000; Raffo et al., 2006</i>)

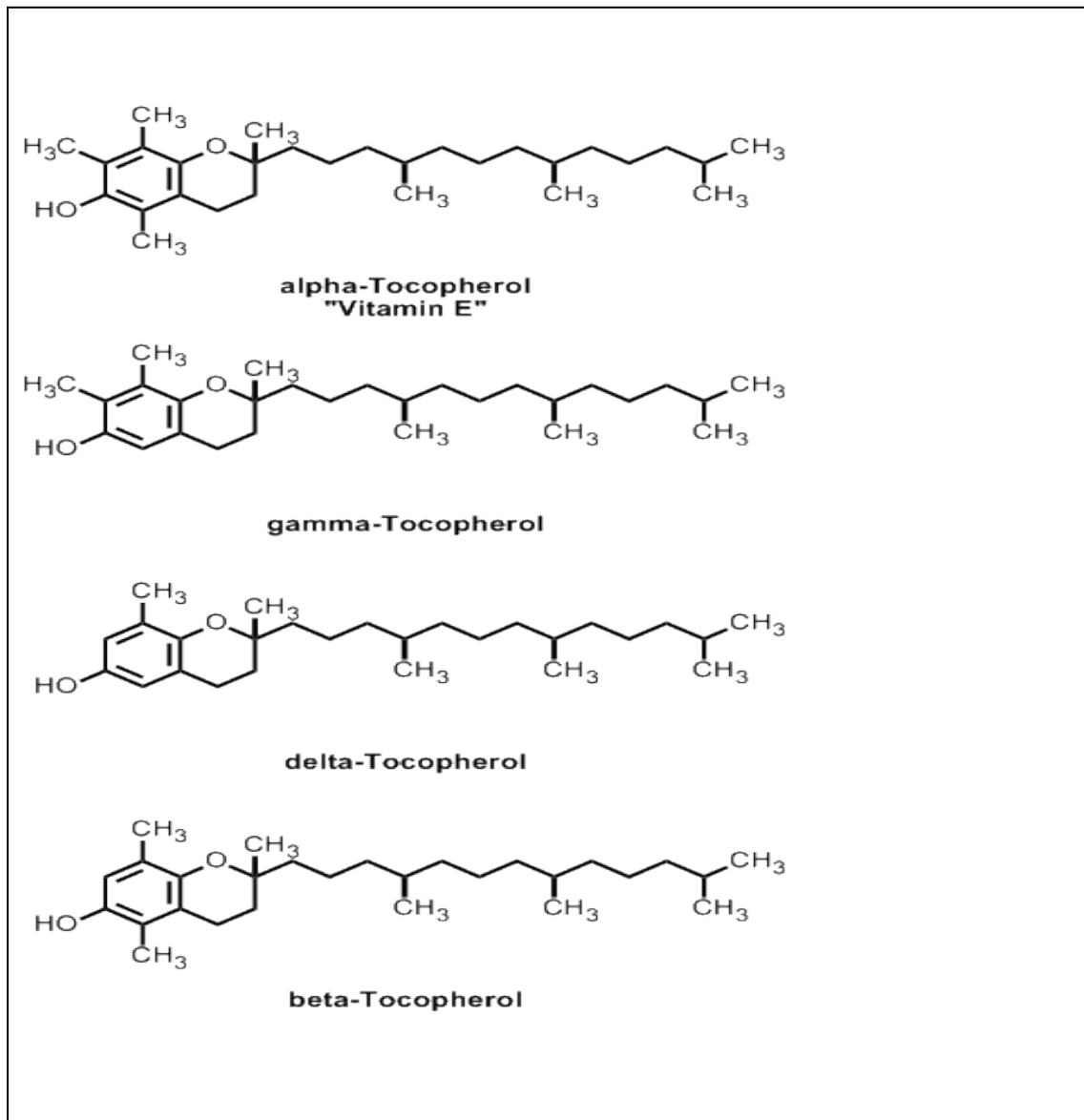


Figure № 1 : Structures et formes du tocophérol

(<http://www.vita-dose.com>)

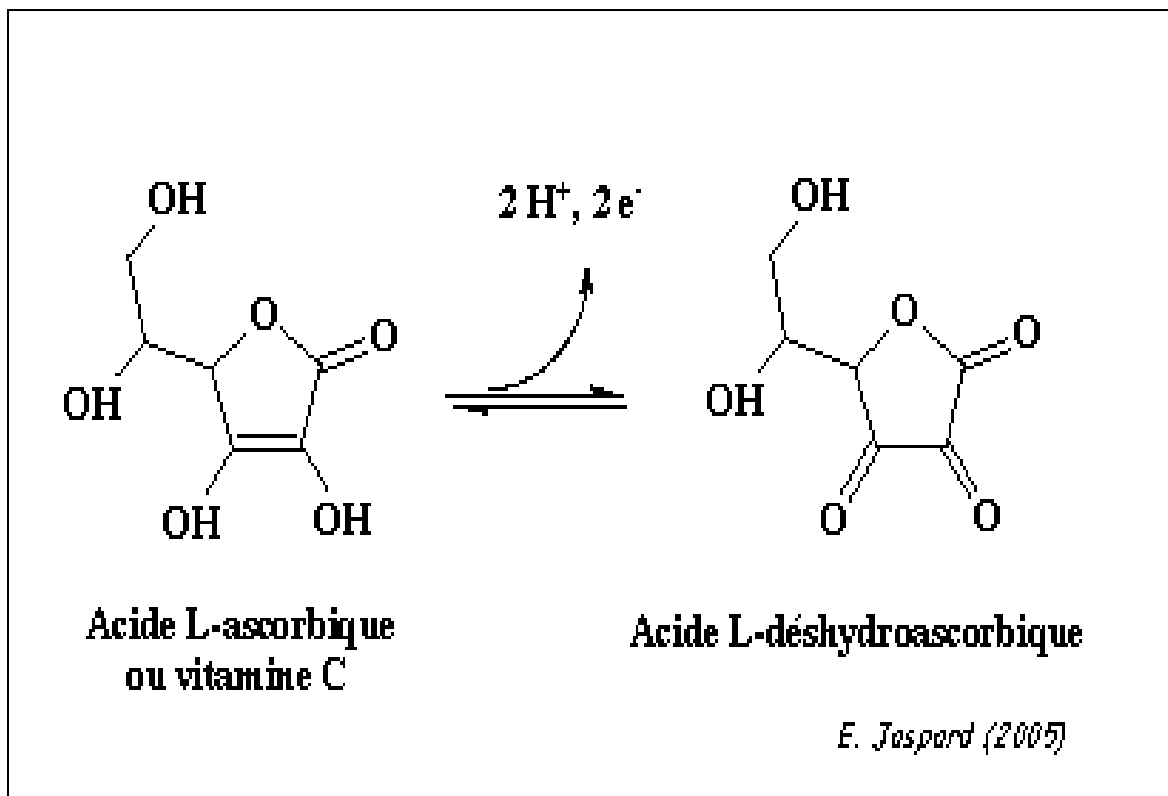


Figure № 2 : Structures de l'acide ascorbique et de l'acide déshydroascorbique
(<http://www.vita-dose.com>)

Ces variations s'expliquent par les modifications des conditions environnementales. Le système AA / DHAA joue le rôle d'une sonde, entraînant une modulation du métabolisme cellulaire et de la sensibilité aux hormones en réponse à des facteurs extérieurs (*Lenucci et al., 2006; Raffo et al., 2006*).

I.3.4.1. Implication des microconstituants de la tomate dans le système de défense antioxydant et dans la prévention des cancers

De nombreuses études épidémiologiques ont montré les effets nutritionnels bénéfiques d'un régime riche en fruit de tomate. Ces bienfaits sont attribués à une teneur élevée en antioxydants. La vitamine C protège les biomembranes et les lipoprotéines en piégeant les radicaux dans la phase aqueuse avant qu'ils initient la peroxydation lipidique (*Delattre et al., 2005*). L'effet antioxydant de cette vitamine est mis en évidence *in vitro* (*Niki et al., 1984; Willcox et al., 2008*). La vitamine E joue aussi un rôle essentiel dans la défense antioxydante. Grâce à son pouvoir réducteur des radicaux hydroxyles et peroxydes, elle interrompt la propagation de la peroxydation lipidique et protège les membranes cellulaires et les lipoprotéines (*Gutteridge et al., 1994*). Il est important de noter que celle-ci agit en synergie avec d'autres systèmes de défense antioxydants, en particulier la vitamine C, le glutathion et le sélénium. Une enzyme spécifique, glutathion dépendante (la tocophérylyl réductase) est capable de réduire les radicaux tocophéryles en α -tocophérol (*Delattre et al., 2005*). Des études révèlent que la consommation de vitamine E protège des maladies coronariennes et de l'infarctus du myocarde (*Willcox et al., 2008*). Les caroténoïdes permettent de lutter contre le stress oxydant en piégeant les radicaux hydroxyles, peroxydes et alkyles. Par leur association aux chylomicrons et aux lipoprotéines (LDL, HDL (High Density Lipoprotein) et VLDL (Very Low Density Lipoprotein)) au sein de la circulation sanguine, les caroténoïdes protègent ces particules de l'oxydation. Ils limitent les risques d'athérosclérose (*Riccioni, 2009; Sesso, 2006*). L' α -carotène, le β -carotène, la β -cryptoxanthine, la zéaxanthine et la lutéine se sont avérés d'efficaces antioxydants des LDL. Le lycopène, a une capacité plus importante que celle du β -carotène et de la β -cryptoxanthine à protéger efficacement les LDL au sein de l'organisme (*Miller et al., 1996*). Les fortes teneurs en lycopène dans le plasma, limiterait les risques de maladies cardio-vasculaires (*Riccioni, 2009*).

Des microconstituants de la tomate induisent des mécanismes cellulaires permettant de

limiter le développement de cancers. Les faibles apports en vitamine C sont corrélés à une augmentation du risque des cancers de l'estomac, de l'œsophage, de la cavité buccale, du pharynx et du sein. Au niveau moléculaire, l'acide ascorbique inhibe la formation de composés cancérigènes comme les nitrosamines et de mutagènes fécaux. D'après *Grusse et al (1993)* et *Frei (1999)*, il est probable que la vitamine C soit à l'origine de régulations cellulaires qui limiteraient le développement de tumeurs.

La vitamine E permet de limiter le développement de cellules malignes au sein des tissus, notamment ceux de la peau et de la bouche. Elle entraîne la régression des tumeurs. Les teneurs élevées en vitamine E sont liées à une réduction de l'apparition des cancers de la langue, de la tête, du cou et de mélanomes (*Frei, 1994; Ferguson, 1994*). Le lycopène limite la prolifération de lignées de cellules cancéreuses induites par les facteurs IGF (Insulin-like Growth Factor). Il inhibe la phosphorylation des protéines régulatrices (p53 et Rb anti-oncogènes) induisant ainsi l'arrêt de la division cellulaire (*Roa, 2006*) et empêche la prolifération des cellules épithéliales non cancéreuses de la prostate (*Obermuller et al., 2005*).

I.4. Monoconcentré de tomate

Pour produire 1 Kg de monoconcentré de tomate il faut 5 Kg de matière première (tomate fraîche) en moyenne. En Algérie 398.900 T de tomates fraîches sont transformées en 70.000 T de monoconcentré (**Figure N°3**).

I.4.1. Filière du monoconcentré de tomate en Algérie

La production et la transformation de la tomate fraîche destinée à la fabrication en chaîne continue de monoconcentré de tomate est un ensemble d'activités interdépendantes et stratégiques vue ses dimensions économique, sociale et environnementale. Cette filière de production est l'unique en Afrique. Ce secteur intègre deux composantes très fortes, un amont agricole et un aval industriel. Les tomates d'industrie sont principalement cultivées au Nord-Est du pays : les wilayas d'El Tarf, Annaba, Guelma, Skikda représentent à elles seules 90% de la superficie totale consacrée à cette culture. La production de tomates industrielles a

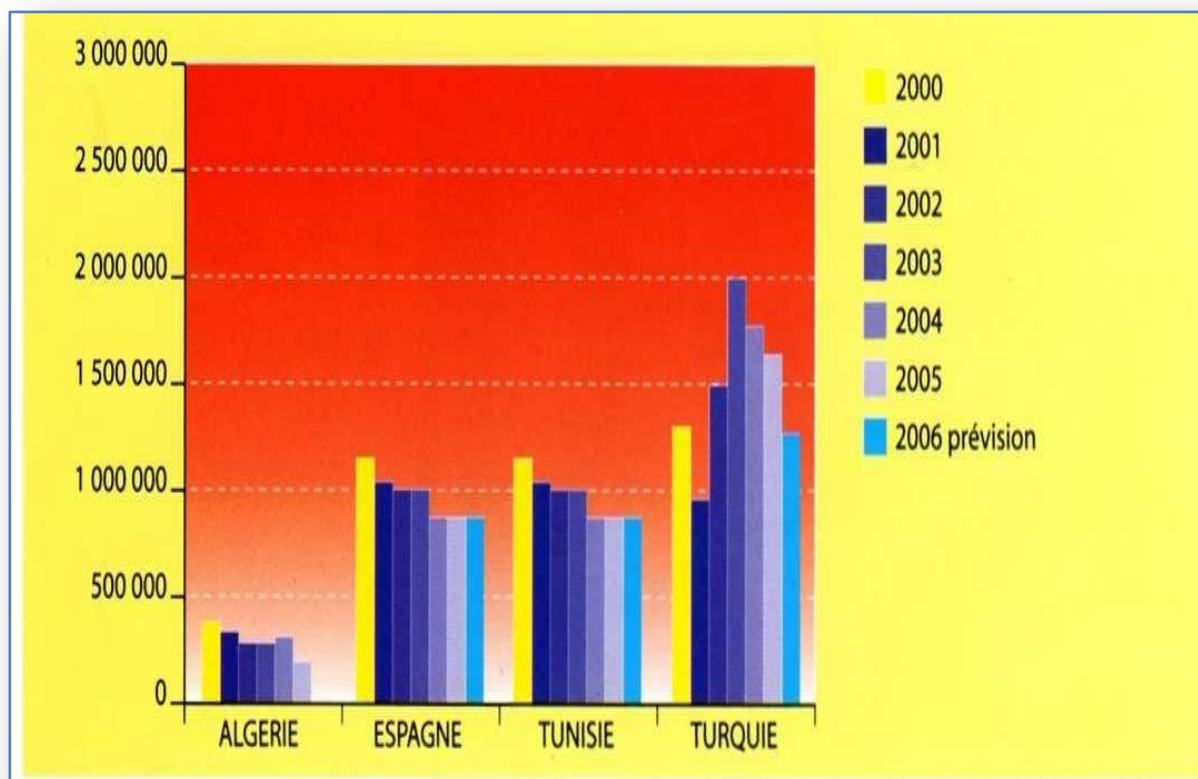


Figure N°3: Total des tomates transformées en tonne
(Lenne et Branthome, 2006)

connu un taux de croissance annuel moyen de 7% durant la période 1971-2009, Cette période se divise en quatre phases distinctes qui se différencient par leurs taux de croissance annuels moyens (**Figure N°4**).

La fabrication de monoconcentré de tomate est obtenue soit à partir de l'importation du triple et du double concentré de tomate importé de Chine, de l'Italie et de la Turquie, soit à partir de la transformation de la tomate fraîche industrielle locale en chaîne continue. Les capacités de production installées ont augmenté progressivement passant de 2 600 tonnes/jour durant la période 1962-1975 à 3 400 tonnes / jour durant la période 1981-1985 à 9 600 tonnes / jour durant la période 1991-1995 et à 11 800 tonnes /jour durant la période 1996-2006. Après cette dernière période, les capacités ont stagné. En 2011, neuf entreprises privées constituent le secteur de l'industrie de transformation de la tomate; ces usines, dont sept installées à l'Est, totalisent une capacité de transformation de 18 500 tonnes/jour. Deux unités de production détiennent 75% du marché national : la Conserverie Amor Ben Amor (CAB) située à Guelma qui produit 37 000 tonnes/an (satisfaisant 49% des besoins nationaux) et IZDIHAR à Skikda qui produit 18 000 tonnes/an (26% des besoins nationaux) (**Bouziid et Bedrani., 2013**).

I.4.2. Processus technologique de fabrication du monoconcentré de tomate

I.4.2.1. Réception, lavage et triage

La tomate destinée à la transformation industrielle récoltée des champs et transportée est reçue dans des cageots en plastique ou des conteneurs agricoles. Ces dernières sont vidées par introduction d'eau à travers des cloisons appropriées, reliés à des piscines d'alimentation de la ligne de traitement. La tomate subit trois lavages soigneux, deux avec l'eau propre et un avec l'eau chlorée. Les tomates sont acheminées vers la chaîne de triage. Elles sont triées d'une façon à éliminer les pourritures, la coloration insuffisante et les corps étrangers, cette étape est aussi automatique, le système est équipé d'une manière à déclencher des dispositifs d'expulsion si la couleur n'est pas adéquate. Les fruits rouges entrent immédiatement en fabrication (**Goose et al., 1973**).

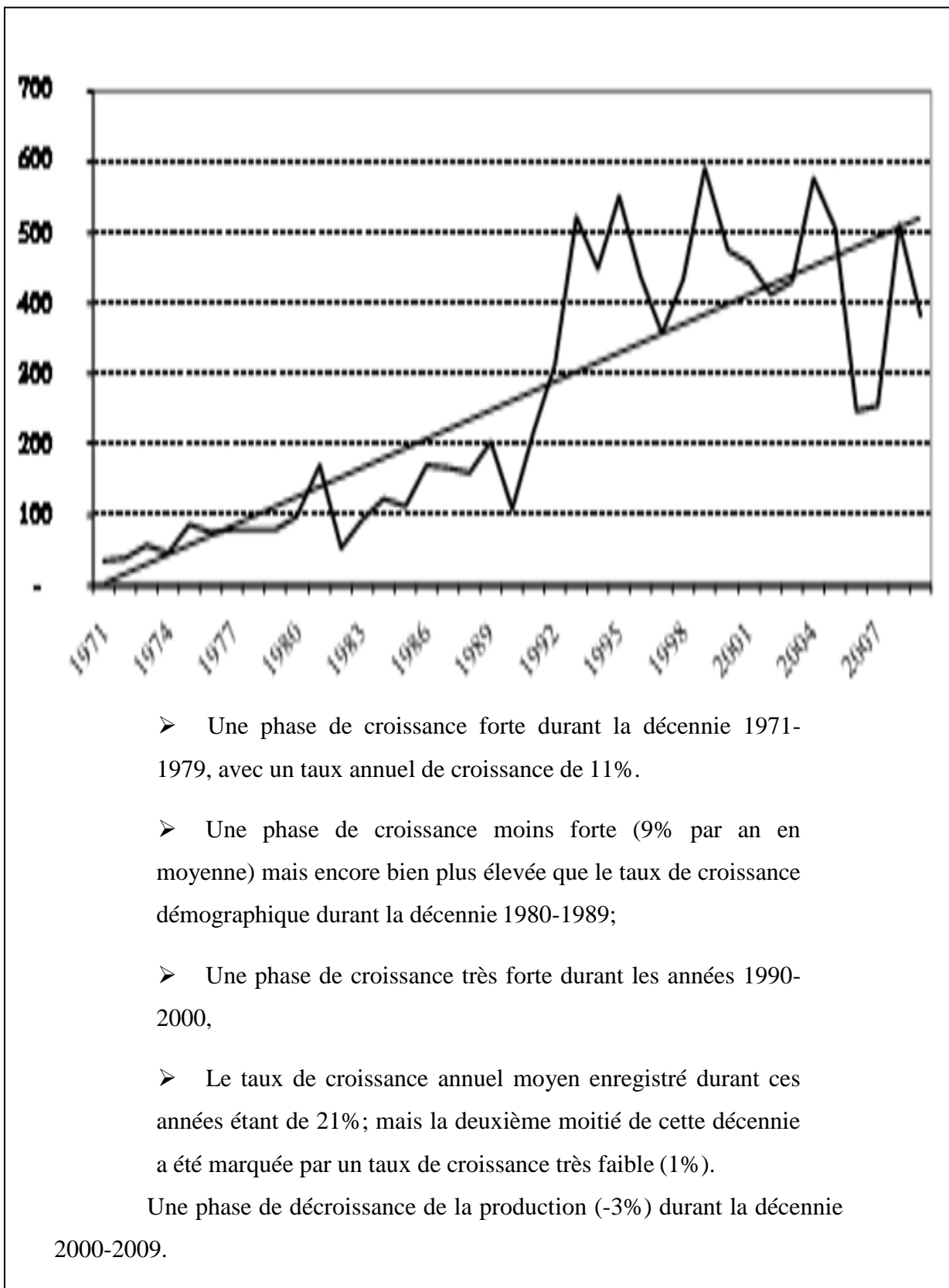


Figure N°4: Evolution de la production de la tomate industrielle en millier de tonne (Lenne et Branthome, 2009)

I.4.2.2. Broyage et raffinage

Cette étape est commune pour la production du concentré de tomate de n'importe quel résidu (Brix 22, 28 et 36 %). Le broyage se fait par une découpeuse automatique, à la fin, il est obtenu une tomate concassée acheminée à travers les tubes de transport pour arriver au traitement enzymatique qui se traduit pour le monoconcentré de tomate par le « Hot-Break ». Ce dernier consiste à réchauffer la pulpe en provenance du broyeur à une température de 65°C - 70°C, provoquant une destruction des enzymes pectolytiques, responsables de la viscosité du jus. Une pompe de transfert délivre le broyat en continu à des faisceaux tubulaires étalonnés de façon à assurer un chauffage de la pulpe à 65°C - 75°C (**Bartholin et Kouaa, 1981**). Depuis les échangeurs, à l'aide d'une pompe de pression le produit est envoyé au raffinage en utilisant le turbo-extracteur à chaud 0,8 mm. C'est un système fonctionnant à haute vitesse battant et pressant la pulpe contre les solides tamis (**Moresi et Liverotti, 1982**). Le jus de tomate obtenu est accumulé dans la cuve et les pelures sont exclues à travers un entonnoir dans une bascule à déchets (**Goose et al., 1973**).

I.4.2.3. Concentration

Le jus obtenu est accumulé dans une cuve de concentration. Le produit circule à travers des faisceaux tubulaires grâce à des pompes de pressions. Le système est équipé de réfractomètre de station indiquant à chaque niveau le résidu sec atteinte permettant des réglages et des corrections instantanés à l'aide des tableaux de contrôle. Les trois effets de la concentration du jus de tomate fonctionnent de la manière suivante : La concentration débute au niveau du troisième effet, le jus de résidu sec de 6-8 % subit une évaporation de l'eau. La vapeur est conduite en parallèle aux condensateurs pour être condensée en eau recyclable au niveau de la station d'eau et les tours de refroidissement. Au niveau du deuxième effet, le jus de résidu sec de 12,5 % est traité de la même façon pour atteindre 22% Brix. Lorsque la concentration finale est atteinte, l'eau recyclée est conduite vers la station de traitement des eaux implantées au niveau de l'usine.

I.4.2.4. Pasteurisation

Elle assure la stabilité du monoconcentré de tomate par un traitement thermique à une température supérieure à 85°C. Ce traitement permet de prévenir l'altération par les lactobacilles. La pâte de tomate est ensuite aspirée de l'évaporateur vers la remplisseuse, qui

est constituée d'un tank de réception de la pâte de tomate, d'un échangeur de chaleur tubulaire de pasteurisation et d'un tube de circulation (**Goose et al., 1973**).

I.4.2.5. Remplissage

A la sortie du concentrateur, le produit est récolté dans une cuve tampon, il passe ensuite dans un préchauffeur, puis remplis dans des boites métalliques préalablement nettoyées par le jet d'eau chaude. Ce jet d'eau chaude a pour but de laver et en même temps de chauffer la boîte pour permettre une bonne stérilisation du contenu.

I.4.2.6. Sertissage

Le sertissage est un agrafage pratique par pliage l'un sur l'autre du bord du corps de la boîte et du bord du couvercle ; il est réalisé au moyen de sertisseuse. Le sertissage exige l'emploi des machines robustes et précises, en général automatique (**Anonyme, 1957**).

I.4.2.7. Stérilisation

La stérilisation par la chaleur consiste à exposer les aliments à une température, généralement supérieure à 90°C, pendant une durée suffisante. La durée et la température de traitement (barème de stérilisation) des conserves de tomates dépendent du type d'équipement et de la taille des conserves. La stérilisation a pour but d'inhiber les enzymes et toute forme de microorganismes, même les bactéries sporulées (**Vierling, 1998**).

I.4.2.8. Refroidissement

Les boites du monoconcentré de tomate doivent ensuite être rapidement refroidies afin d'éviter la détérioration de la flaveur et de la couleur à la suite de la rétention de la chaleur. Parmi les techniques utilisées lors du refroidissement, on peut soit pratiquer un refroidissement par l'air des boîtes empilées et rangées de façon à permettre une bonne circulation de l'air, soit pratiquer le refroidissement avec de l'eau chlorée par aspersion ou par immersion (**Gould, 1992**).

I.4.2.9. Stockage

Les produits finis étiquetés sont stockés dans un endroit frais et à l'abri de la lumière dans un dépôt séparé de celui des matières premières fraîches. Le produit fini est mis en observation pendant 15 jours afin de s'assurer de sa capacité de conservation.

I.4.2.10. Vérifications

Des contrôles importants sont enfin effectués pour garantir la qualité des produits avant leur commercialisation. Les boîtes sont placées à l'étuve, à des températures et pendant un temps déterminés par la législation, pour accélérer le vieillissement du produit et contrôler sa stabilité bactériologique à long terme (**Kangni Kidja, 1991**).

I.4.3. Risques de dégradation de composés biochimiques par le processus technologique de production du monoconcentré de tomate

Les traitements thermiques influent significativement sur les teneurs en vitamines thermosensibles (La vitamine C, la vitamine B1 (thiamine) et la vitamine A). Ils affectent significativement la qualité des lipides ce qui entraîne :

- ✚ Oxydation des vitamines présentes dans l'aliment sous l'effet de la chaleur et par conséquent, une perte importante en valeur nutritionnelle du produit. Ainsi que l'altération des acides linoléique et linolénique, acides gras considérés comme indispensables à l'organisme humain.
- ✚ Formation des composés volatiles responsables de l'odeur comme les cétones et aldéhydes et de radicaux libres caractérisés par une structure chimique instable et avide aux électrons d'où leurs dangers pour l'organisme humain.

Ils provoquent la dénaturation des protéines et donc réduisent leurs absorptions.

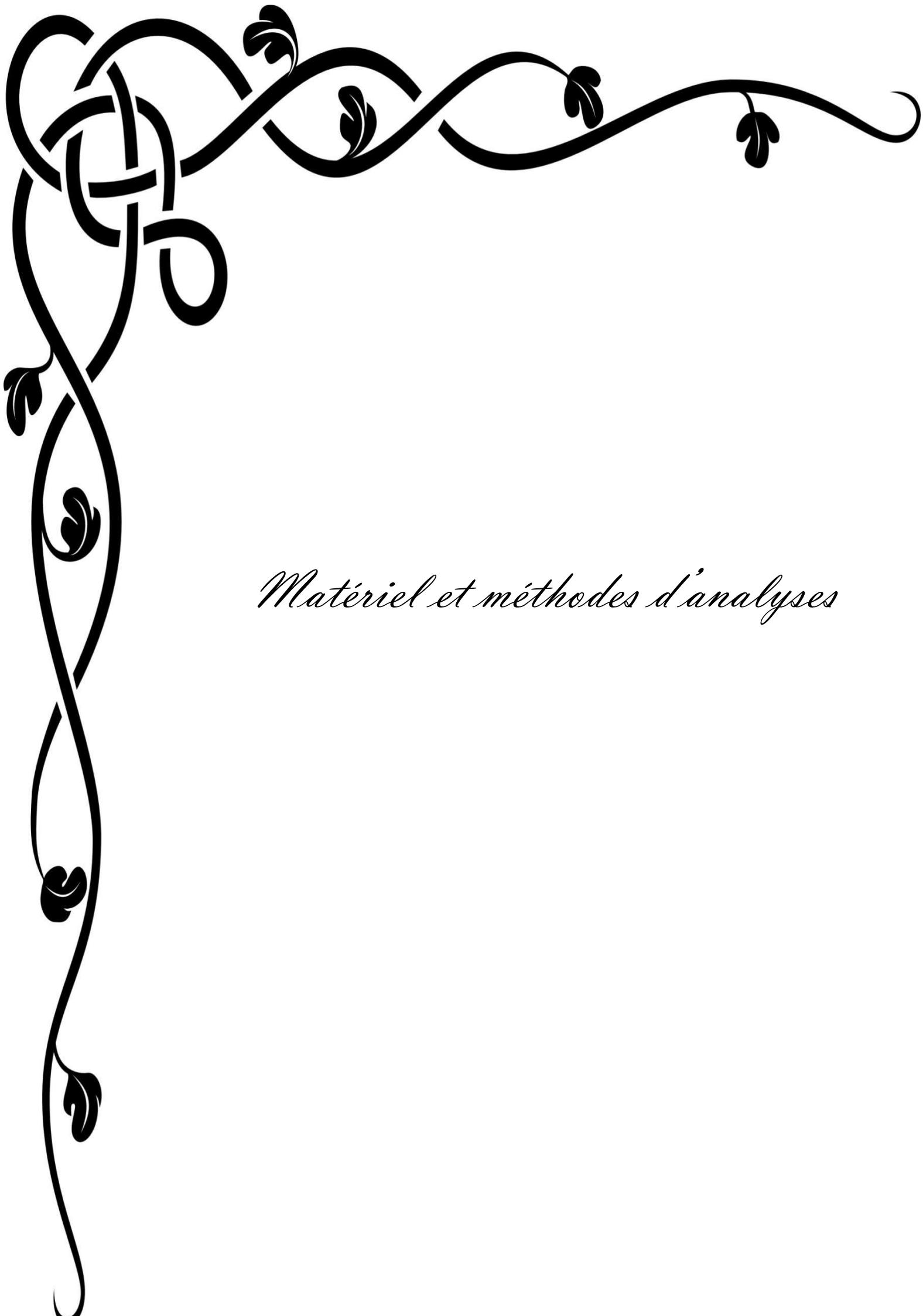
I.5. Protéines de la tomate

Les protéines de la tomate représentent un petit groupe de familles de protéines de masses moléculaires variant de plusieurs milliers à plusieurs millions de daltons (**Godon B, 1985**).

Les protéines abondantes dans le fruit révélées par l'analyse protéomique sont la polygalacturonase (PG), la pectine estérase (PE), la chitinase et la superoxid dismutase (SOD) la patatine, une protéine P23 et une protéine induite par le stress de la tomate (TSI-1) (Sol t 1) (Breiteneder et al., 1999; Seppala et al., 2000). (Rodrigo et al., 1991) (Jensen-Jarolim et al., 1998) (Diaz-Pereles et al., 1999; Kondo et al., 2001). La profiline, Sola 1 (Foetisch et al., 2001; Westphal et al., 2004), la β -fructofuranosidase, Sola 1. 2 (Petersen et al., 1996; Kondo et al., 2001; Westphal et al., 2003), la protéine de transfert lipidique, Sola 1 3 (Foetisch et al., 2001) et la pectinestérase sont des allergènes majeurs de la tomate (Foetisch et al., 2001; Kondo et al., 2001; Dölle et al., 2011) (Tableau N°5). Selon leur fonction, ils sont regroupés en protéines liées à la défense de la plante, aux protéines intégrées dans l'organisation cellulaire, aux protéines impliquées dans les processus métaboliques et de développement, et aux protéines de stockage se trouvant principalement dans les graines.

Tableau № 5 : Allergènes connus de la tomate

Allergène	Nom biochimique	Masse moléculaire SDS-PAGE	Références
<u>Sola 11</u>	Profilin	14 KDa	Foetisch et al., 2001 Westphal et al., 2004
Sola 12	Beta-fructofuranosidase	50 KDa	Petersen et al., 1996 Kondo et al., 2001 Westphal et al., 2003
Sola 13	Non-specific lipid transfer protein type 1 (nsLTP1)	9 KDa	Foetisch et al., 2001
Sola 14	Pathogenesis-related protein, PR-10, Bet v 1 family member, TSI-1		Ballmer-Weber et Hoffmann -Sommergruber , 2011
Sola 15	Cyclophilin	19 KDa	http://www.allergen.org
Sola 16	Non-specific lipid transfer protein type 2 (nsLTP2)	7 KDa	http://www.allergen.org
Sola 17	nsLTP type 1	12.5 KDa	http://www.allergen.org



Matériel et méthodes d'analyses

II. Matériel et méthodes d'analyses

II.1. Matériel biologique

Les variétés de tomates AB 2 F1, JOKER F1, KEYLARGO F1, LOUBNA F1, MARIA F1, MIRSINI F1, NAVARA F1, SUPER RED F1 et VESPRO F1 sont cultivées début mars en plein champs dans des conditions Bio dans les régions de Guelma, Annaba, El-taref et Skikda (Algérie). La récolte est faite manuellement en juillet lorsqu'au moins 80% des fruits sont rouges. Il est utilisé la tomate des récoltes 2015, 2016 et 2017. La tomate fraîche lavée et triée est découpée automatiquement, broyée, filtrée et préchauffée à une température moyenne de 64.66°C pendant 20 min. Le jus obtenu subit une évaporation de l'eau à 88.23°C durant 2 h dans un système équipé d'un réfractomètre de station jusqu'à 22 % de Brix. Le concentré pasteurisé à 91.7°C pour 20 min mis en boîte est stérilisé à 95.1°C en 10 min puis refroidi.

II. 2. Analyse de la qualité du monoconcentré de tomate

Le dénombrement des germes aérobiques, des coliformes, des levures et des moisissures ainsi que les tests de stabilité du pH sont faits au niveau du laboratoire de contrôle de la qualité CACQE-Annaba (Centre Algérien de Contrôle de Qualité et de l'Emballage - Annaba). Les staphylocoques, les entérobactéries, les clostridium sulfatoréducteurs et les salmonelles sont déterminés au niveau du laboratoire d'analyse de la qualité Berrahmoune - El bouni - Annaba. La production du monoconcentré de tomate, le prélèvement des échantillons, la détermination du pH, de la viscosité, du rapport des couleurs rouge sur jaune, de la luminosité et le dosage des taux de Brix, de l'acidité titrable, du lycopène et du β -carotène sont réalisés au niveau de l'unité de production des conserveries du groupe agroalimentaire Amor Ben Amor. Les taux de sucres réducteurs et des chlorures sont déterminés au niveau du laboratoire de contrôle de la qualité et de la conformité Cheghib - Guelma. Les taux d'acide ascorbique (vitamine C), d' α -tocophérol (vitamine E) et de protéines sont réalisés au laboratoire PREMIX – EST El- Harrouch - Skikda. La mise au point de la nouvelle technique d'extraction des protéines, le dosage spectrophotométrique à $\lambda=660$ nm et les séparations électrophorétiques mono et bidimensionnelles sont faits au niveau de la plateforme de protéomique de l'université libre de Bruxelles en Belgique.

II. 2. 1. Analyses microbiologiques

II. 2. 1. 1. Détermination des charges microbiennes du jus frais et du monoconcentré de tomate

Les charges microbiennes du jus frais et du monoconcentré de tomate des récoltes 2015, 2016 et 2017 sont déterminées par les méthodes standards de dénombrement des germes (AFNOR, 1993). Les milieux de culture et les dilutions sont représentés dans le tableau N°6. Toutes les manipulations sont faites dans des conditions d'asepsie.

II. 2. 1. 1. 1. Dénombrement de la flore mésophile aérobique totale (NF V08-051)

15 ml de PCA (Plate Count Agar) fondus sont coulés sur des boîtes de Pétri stériles et laissés se solidifier. 1ml de la solution mère et 1ml de chacune des solutions diluées 10^{-1} et 10^{-2} sont étalés sur la couche de PCA. 5 ml de PCA fondus sont déposés en dessus. Après incubation à 30°C pendant 72h, seules les colonies blanchâtres sont prises en compte. Les boîtes de Pétri contenant un nombre compris entre 30 et 300 colonies sont retenues pour le dénombrement. Le calcul du nombre N des micro-organismes par g de monoconcentré de tomate ou par ml de jus frais de tomate est obtenu à l'aide de l'équation suivante:

$$N = \frac{\Sigma C}{(n_1 + 0.1 n_2) \times d}$$

Où :

- ΣC : Somme des colonies comptées sur les boîtes de Pétri retenues
- n_1 : Nombre de boîtes de Pétri retenu à la première dilution
- n_2 : Nombre de boîtes de Pétri retenu à la deuxième dilution
- d : Taux de dilution correspondant à la première dilution

II. 2. 1. 1. 2. Dénombrement de la flore fongique (NF XP-08-059)

15 ml d'OGA (Oxytetracycline Glucose Agar) fondus sont coulés dans des boîtes de Pétri. 1ml de la solution mère et 1ml de chacune des solutions diluées 10^{-1} et 10^{-2} sont étalés à la surface. Après incubation à 25 °C pendant 5 jours. Le dénombrement des colonies est réalisé (Calcul du nombre N des micro-organismes).

Matériel et méthodes d'analyses

Tableau N° 6 : Milieux de cultures et dilutions utilisés pour le dénombrement des germes

Les germes	Les milieux de cultures	Les dilutions
Germes aérobies totaux	Gélose PCA: 1l d'eau distillée, 5g de tryptone, 2,5 g d'extrait de levure, 1g de glucose, 15g d'agar (pH 7,0).	<p>Jus de tomate: Solution mère: A 1 ml de jus de tomate est ajouté 9 ml d'eau distillée. Monoconcentré de tomate: Solution mère: A 1g du monoconcentré de tomate est ajouté 9 ml d'eau distillée. Les dilutions décimales: A partir des solutions mères du jus frais et du monoconcentré de tomate sont réalisés les dilutions 10^{-1} et 10^{-2}.</p>
Flore fongique	Milieu OGA: 1l d'eau distillée, 5g d'extrait de levure, 20g de glucose, 0,1g d'oxytétracycline, 15g d'agar agar (pH = 6,6).	
Entérobactéries	Gélose VRBG: 1l d'eau distillée, 7g de peptone, 3g d'extrait de levure, 1,5g de sels biliaires N°3, 10g de glucose, 5g chlorure de sodium, 0,03g de rouge neutre, 0,002g de cristal violet, 15g d'agar. (pH= 7,4)	
Clostridium sulfite-réducteurs	Gélose viande de foie: 1l d'eau distillée, 30g de viande foie, 2g glucose, 6g d'agar (pH = 7,4).	
Coliformes totaux	Bouillon BLBVB: 1l d'eau distillée : 10g de peptone, 10g lactose, 20 ml Bille, 13 mg Vert Brillon (pH = 7,4).	
Staphylocoques	Gélose Chapman : 1l d'eau distillée : 10g peptone, 1g d'extrait de viande de bœuf, 75g chlorure de sodium, 10g mannitol, 0.025g rouge de phénol, 15g d'agar-Agar (pH = 7,4)	
Salmonelles	Bouillon Sélénite : 1l d'eau distillée, 5g tryptone, 4g lactose, 4g sélénite, 4g d'hydrogénosélénite. Gélose Hektoen : 1l d'eau distillée, 12gprotéosepeptone, 3 g d'extrait de levure, 12g lactose, 2g salicine, 9g sels biliaires, 0.1g fuchsine acide, 0.065g de bleu de bromothymol, 5g chlorure de sodium, 5g de thiosulfate de sodium, 14g Agar.(pH =7)	

II. 2. 1. 1. 3. Dénombrement des Entérobactéries (NF V08-025)

15 ml de VRBG (Violet Red Bile Glucose Agar) fondus sont coulés dans des boîtes de Pétri et laissés se refroidir. 1ml de la solution mère et 1ml des solutions diluées sont étalés à la surface. 5 ml de VRBG fondus sont coulés au dessus. Les boîtes de Pétri sont incubées à 37°C pendant 24h. Il est procédé au comptage des colonies rouge-violet caractéristiques d'entérobactéries (Calcul du nombre N des micro-organismes).

II. 2.1.1. 4. Dénombrement des Clostridium (anaérobiques) sulfito-réducteurs (NF V08-061)

5 ml de chaque échantillon est mis dans un tube à essai stérile et chauffé dans un bain Marie à 80°C pendant 10 min. 15 ml de la gélose viande de foie fondue sont déposés dans le tube. L'anaérobiose est obtenue grâce à l'huile de paraffine. Après incubation à 47°C pendant 48 h, les colonies entourées d'un halo noir d'un diamètre ≥ 1 mm sont comptées (Calcul du nombre N des micro-organismes).

II. 2. 1. 1. 5. Dénombrement des Coliformes totaux (NF V08-050)

1ml de la solution mère et 1ml de chacune des solutions diluées sont introduits dans un tube contenant le bouillon lactosé bilié au vert brillant (BLBVB) en présence d'une cloche de Durham. Le tube est homogénéisé et incubé à 30°C pendant 24 h. Le trouble du milieu et la production de gaz sont dus à la fermentation du lactose par les coliformes.

II. 2. 1. 1. 6. Dénombrement des Staphylocoques pathogènes (NF V08-057)

15 ml de la gélose Chapman fondue sont coulés dans des boîtes de Pétri et laissés se refroidir. 1ml de la solution mère et 1ml de chacune des solutions diluées sont étalés au dessus. Les boîtes de Pétri sont incubées à 37°C pendant 24 h. Il est calculé le nombre N des micro-organismes.

II. 2. 1. 1. 7. Recherche des Salmonelles (NF V08-052)

A 1 ml de chaque solution mis dans un tube à essai, il est additionné 10 ml d'une solution d'enrichissement appelée bouillon Sélénite. Les tubes sont incubés à 37°C pendant 24 h. 15 ml de gélose Hektoen fondue sont coulés dans des boîtes de Pétri. 1ml de chaque solution est étalé au dessus. Les boîtes de Pétri sont incubés à 37°C pendant 24 h.

II. 2. 1. 2. Tests de stabilités des échantillons du monoconcentré de tomate

Les échantillons du monoconcentré de tomate sont mis dans une étuve durant 21 jours à 30 °C. Un échantillon témoin est laissé à 25 °C. Lorsque le délai d'incubation est terminé, les conserves sont stabilisées à 25°C. L'absence de modification de l'aspect de l'emballage, l'absence de bombage de la boîte après étuvage et la variation de pH par rapport au témoin non étuvé inférieure ou égale à 0,5 unité de pH prouve la stabilité de la conserve (NF V 08-402).

II. 2. 2. Conception et validation des barèmes de stérilisation

La conception et la validation des barèmes de stérilisation sont effectuées grâce au logiciel de calcul normalisé par le CTCPA (Centre Technique de la Conservation des Produits Agricoles - France). Les barèmes de stérilisation et les paramètres technologiques sont représentés dans le tableau N°7.

II. 2. 3. Technologie de fabrication du monoconcentré de tomate

Le monoconcentré de tomate est fabriqué selon le processus technologique en Hot-Break et en chaîne continue. Cette chaîne de production est l'unique en Afrique.

II. 2. 3. 1. Réception et déchargement

La tomate fraîche est reçue dans des caisses en plastique de 25 à 30 kg. Le déchargement se fait à l'aide d'un flux d'eau qui conduit à la ligne de traitement.

II. 2. 3. 2. Lavage et triage

La tomate est dirigée dans des roulettes vers une piscine contenant l'eau chlorée. Ensuite, la tomate passe dans une grille pour un lavage à l'eau propre. Finalement, elle est triée manuellement sur des tables de triage. Il est éliminé les pourritures, les corps étrangers et les tomates de coloration insuffisante.

II. 2. 3. 3. Broyage et préchauffage

La tomate est découpée par une découpeuse automatique, broyée et préchauffée à une température moyenne de 64.66°C pendant 20 min.

Tableau N°7: Barèmes de stérilisation et paramètres utilisés dans le processus technologique de fabrication du monoconcentré de tomate

Paramètres technologiques	Années de récoltes					
	2015		2016		2017	
	Barèmes de stérilisation					
	91,4 °C 20 min	94,7 °C 10 min	92,4 °C 20 min	95,9 °C 10 min	91,5 °C 20 min	94,9 °C 10 min
Débit [L·h ⁻¹]	10200	8533	10300	8600	10200	8533
Capacité de chambrage [L]	442	442	442	442	442	442
Valeur caractérisant la pente de la courbe de mortalité de la population microbienne [°C]	10	10	10	10	10	10
Température de référence [°C]	90	90	90	90	90	90
P (valeur stérilisatrice)	25	42	28	45	26	43
P°(valeur stérilisatrice spécifique)	>10	>10	>10	>10	>10	>10
Refroidissement [°C]	37	37	37	37	37	37

II. 2. 3. 4. Filtration

Le broyat de tomate préchauffé passe à la passoire pour la séparation de la partie solide (peau et pépin). Cette dernière exclue à travers un entonnoir s'accumule dans une cuve de 1500 tonnes placée au dessous.

II. 2. 3. 5. Concentration

Un réfractomètre de station indique à chaque phase du processus technologique le degré de Brix. La concentration recherchée est obtenue à une température moyenne de 88.23°C pendant 2 h. Le jus de résidu sec 5.5% subit une évaporation d'eau jusqu'à 22 % de Brix. Le concentré est envoyé à la pasteurisation et la vapeur d'eau condensée est conduite vers la station des eaux implantée au niveau de l'usine. Cette dernière exclue à travers un entonnoir s'accumule dans une cuve de capacité de 1500 tonnes placée au dessous.

II. 2. 3. 6. Pasteurisation

La pasteurisation se fait au niveau des rotothermes, le produit circulant à une température moyenne de 91.7 °C pendant 10 min dans le tube interne est envoyé pour le remplissage des boites. La vapeur d'eau permettant la pasteurisation circule à l'extérieur du tube.

II. 2. 3. 7. Remplissage des boites

Les boites stériles arrivent au niveau du remplisseur formé de 40 têtes tournant à une vitesse de 300 boites par min. La boite remplie passe au sertissage pour être fermée hermétiquement.

II. 2. 3. 8. Stérilisation

Elle se déroule à 95.1°C pendant 10 min. Il est injecté de l'eau chaude sur les boites alignées sur un tapis roulant. Ensuite, de l'eau froide est envoyée sur les boites pour le refroidissement. A la sortie du tunnel, un sécheur donne de l'air chaud sur les boites livrées à la commercialisation.

II. 2. 4. Prélèvement et préparation des échantillons

Pour le dosage des paramètres physicochimiques, les échantillons sont prélevés après chaque phase du processus technologique (tableau N°8). Les échantillons sont conservés au

Tableau N°8: Echantillons prélevés au niveau de chaque étape du processus technologique de fabrication du monoconcentré des récoltes 2015, 2016 et 2017

E.P	Jus frais [Jf]	Jus préchauffé et filtré [Jpf]	MCT avant pasteurisation [MCT]	MCT Pasteurisé [MCTP]	MCT stérilisé [MCTS]
Années 2015	Jus frais de tomate entière	Prélèvement après préchauffage et filtration à 64°C pendant 20min	Prélèvement après concentration à 88.5°C pendant 2 h	Prélèvement après pasteurisation à 91.4°C pendant 20 min	Prélèvement après stérilisation à 94.7°C pendant 10 min
2016	Jus frais de tomate entière	Prélèvement après préchauffage et filtration à 66°C pendant 20min	Prélèvement après concentration à 88.7°C pendant 2 h	Prélèvement après pasteurisation à 92.4°C pendant 20min	Prélèvement après stérilisation à 95.9°C pendant 10min
2017	Jus frais de tomate entière	Prélèvement après préchauffage et filtration à 64°C pendant 20min	Prélèvement après concentration à 87.5°C pendant 2 h	Prélèvement après pasteurisation à 91.5°C pendant 20 min	Prélèvement après stérilisation à 94.9°C pendant 10 min
Moyennes des traitements	Témoin	Température moyenne de préchauffage : 64.66°C pendant 20min	Température moyenne de Concentration: 88.23°C pendant 2h	Température moyenne de pasteurisation : 91.7°C pendant 20min	Température moyenne de stérilisation : 95.1°C pendant 10min

*E.P: Echantillons Prélevés, *MCT: Monoconcentré de tomate

réfrigérateur à - 5°C ($\pm 0,1^\circ\text{C}$) dans des flacons stériles. Concernant l'analyse des protéines, 5 Kg de tomate fraîche sont prélevés aléatoirement au début du triage et stockés à - 5°C. Le monoconcentré de tomate récupéré à la fin de la chaîne de production est stocké à - 5°C.

II. 2. 5. Analyses physicochimiques de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate

II. 2. 5. 1. Potentiel d'hydrogène (pH)

La tomate fait partie des conserves alimentaires d'origine végétale de $\text{pH} < 4.5$. La mesure est effectuée sur le monoconcentré et sur le jus de tomate à l'aide d'un pH-mètre digital (Mettler Toledo, Global MarCom, Suisse) par immersion directe de la sonde dans le produit (NF V08-406). Le résultat est indiqué par l'appareil.

II. 2. 5. 2. Matières sèches solubles (Brix)

Le Brix représente la concentration en saccharose d'une solution aqueuse ayant le même indice de réfraction que le produit analysé. Pour un monoconcentré de tomate la valeur mesurée à 20°C est de 22 % (JORA, 1997). Il est mesuré au moyen d'un réfractomètre (Maselli LR-02 Parma, Italie). Ce dernier est muni d'une échelle graduée donnant le pourcentage en masse de saccharose. Les résultats sont exprimés en pourcentage de matière sèche soluble ou Brix (NA5669).

II. 2. 5. 3. Viscosité

La viscosité est en relation avec la teneur des fruits en substances insolubles dans l'alcool (Gallais et Bannerot, 1992). Le viscosimètre de Bostwick (LABOMAT, France) mesure la consistance d'un produit en évaluant sa résistance à l'écoulement pendant un laps de temps (Codex Stan, 13-1981). Les échantillons dilués à 12,5% de Brix dans un bécher sont utilisés pour remplir la cuve rectangulaire de l'appareil. Le produit est libéré par pression sur la gâchette de la guillotine. Il est mesuré la distance parcourue en 30 secondes. La viscosité est exprimée en cm Bostwick.

II. 2. 5. 4. Acidité titrable

La détermination de l'acidité permet de vérifier la teneur des fruits de tomates en acides naturels (acide acétique, acide malique et acide citrique). Il est noté que l'acide prédominant

dans la tomate est considéré comme étant l'acide citrique monohydraté (**Règlement CEE N° 1764/86**). Le dosage est effectué par titration avec des bases fortes par virage de la phénolphthaléine au rose clair (**NA 691, NF V05-101**).

La formule utilisée est :

$$\text{Taux d'acidité (\%)} = \frac{\alpha \times 0.07 \times 200 \times 100}{10 \times 50 \times P} = \frac{V \times 1400}{\text{Brix} \times 50}$$

Où :

α (ml): NaOH (N/10) versés pour obtenir le virage

P (g): poids de la prise d'essai.

L'acidité titrable est exprimée en acide citrique monohydraté par 100 g de produit. Il est noté que 1 ml NaOH (N/10) = 0,07 g d'acide citrique hydraté.

II. 2. 5. 5. Teneurs en sucres réducteurs

Pour déterminer les sucres dans les dérivées de tomates par la méthode de Lane-Eynon, la quantité prélevée de l'échantillon doit permettre après clarification et dilution d'avoir une solution contenant une quantité de glucides données pour que la réduction complète de 10 ml de liqueur de Fehling soit obtenue par 25 à 50 ml de solution de sucre. Il est pesé une quantité de dérivé de tomates correspondant à 150/R g. R est égal à 22 %. Il correspond à la matière sèche soluble naturelle. La prise d'essai est placée dans un ballon jaugé de 200 ml. Après lavage à l'eau distillée, le volume est complété jusqu'au trait au moyen d'eau distillée. 100 ml de cette solution sont prélevés au moyen d'une pipette et introduits dans une fiole jaugée de 250 ml. Il est ajouté 4 à 5 ml de solution saturée d'acétate de plomb. Il est mis avec précaution 2 gouttes à la fois jusqu'à ce que le liquide se clarifie. Après 15 min, une quantité de solution saturée de sulfate de sodium ou d'oxalate de sodium afin d'éliminer tout excès d'acétate de plomb est additionnée. Après 15 minutes, le volume est porté avec de l'eau distillée à 250 ml. Une partie du filtrat clair obtenue par agitation et filtration est placée dans une burette de 100 ml. Pour déterminer la teneur en sucre, il est procédé à :

- *Première opération :*

Dans une fiole Erlenmeyer de 200-250 ml placée sur un treillis métallique, il est mis 10 ml d'un mélange composé de volumes égaux de solutions de Fehling A et B préparées quelques minutes avant la détermination. A l'aide d'une burette, il est ajouté environ 25 ml de la

solution sucrée. L'ensemble est porté à ébullition pendant 15 secondes. Il est ensuite versé des quantités supplémentaires de solution toutes les 10 secondes jusqu'à affaiblissement de la coloration bleue. Il est introduit 1 ou 2 gouttes d'indicateur bleu de méthylène en continuant à verser la solution sucrée jusqu'au changement complet de la couleur de l'indicateur. Le liquide en prend une coloration brun-rouge.

La table de Lane-Eynon permet d'obtenir, à partir du nombre de ml de solution sucrée consommée, la teneur en sucre inverti de la solution sucrée et de la quantité de dérivé de tomates contenue dans la prise d'essai. La formule appliquée est :

$$\text{Sucres totaux en g pour 100 g de produit} = \frac{C \times 0,5}{\text{Poids de l'échantillon}}$$

Où :

C : Volume A de solution sucrée consommée

En divisant la teneur en sucre inverti par rapport au poids du dérivé de tomates par la teneur en matières sèches solubles naturelles (NTSS), il est obtenu la teneur en sucre inverti pour 100 g de matières sèches solubles.

II. 2. 5. 6. Dosage des pigments : lycopène et β -carotène

Les taux du lycopène et du β -carotène sont déterminés par un spectrophotomètre « LAB LC-01 maselli ». La mesure est effectuée à $\lambda = 502$ nm (Groliet et al., 2000). Le monconcentré de tomate dilué avec de l'eau distillée jusqu'à 50% de Brix est mis dans la cuve de mesure. Le jus de tomate est placé directement dans la cuve.

II. 2. 5. 7. Détermination du rapport des couleurs rouge sur jaune et de la luminosité

La détermination de la couleur et de la luminosité est faite grâce à un colorimètre (ColorFlex EZ, HunterLab, Etats-Unis) (CEE N° 1764/86). Les échantillons du monoconcentré de tomate et le jus tamisé afin d'éliminer la pulpe de tomate à 20°C sont placés dans la cuve de l'appareil. Il est fixé la luminosité (L) et les couleurs rouge (a) et jaune (b). Il est déduit le rapport a/b.

II. 2. 5. 8. Dosage de la vitamine C (Acide ascorbique)

Le dosage de la vitamine C est fait selon la méthode volumétrique au dichloro-2,6 phénol indophénol (DCPIP) (CACQE N° 08.97.22) qui permet d'oxyder la vitamine C en milieu acide. Il est coloré sous sa forme oxydé et incolore sous sa forme réduite. L'extraction de la vitamine C par une solution d'acide oxalique est suivie par titrage au colorant dichloro-2,6 phénol-indophénol (DCPIP) jusqu'à l'obtention d'une coloration rose saumon. 100 g de monoconcentré de tomate et 100 ml de jus de tomate sont mélangés à la solution d'extraction. Le mélange obtenu est filtré. La solution du colorant est étalonnée avec produit formé de vitamine C et de la solution d'extraction. La vitamine C et la solution d'extraction sont de même quantités. Un volume du filtrat est titré avec la solution de colorant jusqu'à l'obtention d'une coloration rose saumon. La teneur en vitamine C, exprimée en mg pour 100 g de produit est égale à :

$$\text{Teneurs en vitamine C (mg /100g de produit)} = \frac{(V_0 - V_1)m_1}{m_0}$$

Où :

V_0 (ml): Volume de la solution de colorant utilisé pour le titrage

V_1 (ml): Volume de solution de colorant utilisé pour l'essai à blanc

m_1 (mg): Masse d'acide ascorbique équivalent à 1 ml de colorant

m_0 (g): Masse de la prise d'essai dans la partie aliquote prélevée pour le titrage

II. 2. 5. 9. Dosage de la vitamine E (Tocophérol)

Après saponification de l'échantillon et extraction à l'hexane, les extraits sont purifiés par lavage à l'acide sulfurique et la vitamine E est dosée par colorimétrie (Gobon et Loisel, 1997). 10 g de monoconcentré de tomate et 10 ml de jus de tomate sont introduit dans un récipient avec 1,5 g d'acide ascorbique et 10 ml d'eau. L'homogénéisation est exécutée au moyen d'une baguette. Il est ajouté 40 ml d'alcool absolu 96%. Après ébullition pendant quelques minutes, 3 ml de KOH 50 % sont coulés. Le réfrigérant branché est maintenu à ébullition pendant 30 min. Lorsque le mélange est refroidie 40 ml d'eau distillée sont apportés. L'extraction est réalisée avec 4 fois 50 ml d'hexane. Les extraits lavés sont collectés avec 50 ml d'eau. L'extrait est collecté dans un ballon à travers un entonnoir obstrué par un coton imbibé d'hexane. L'évaporation est à sec. Il est repris par 30 ml d'hexane et transféré dans

une ampoule à décanter de 100 ml. Il est ajouté 8 ml H₂SO₄ 80 %. La décantation se fait après agitation de 2 à 3 minutes. La phase hexane est récupérée dans une ampoule à décanter. La partie sulfurique est extraite par 4 fois 30 ml d'hexane. Les extraits réunis sont lavés 1 fois par 50 ml de NaHCO₃ et 2 à 3 fois par 50 ml d'eau. Il y a récupération dans une fiole jaugée de 250 ml surmontée d'un entonnoir contenant du Na₂SO₄ anhydre. Le tout est porté à 250 ml avec de l'hexane. Il est prélevé 20 ml dans un ballon de 100 ml à fond rond. L'évaporation se fait à l'évaporateur rotatif. La reprise est immédiate par 10 ml d'éthanol. Pour le dosage colorimétrique la réaction colorée se fait dans deux fioles de 10 ml (à verre brin) à l'abri de la lumière vive. Il est pipeté dans une fiole n°1 (témoin) 2 ml d'éthanol et dans la fiole n°2 2 ml de la solution de tocophérol à titrer. Dans les deux fioles, il est pipeté successivement 0,25 ml de la solution 2-2'dipyridyle et 0,25 ml de solution de chlorure ferrique. La substance est remuée doucement. L'ajustement au trait est atteint avec de l'éthanol. La cuve témoin est remplie avec de l'éthanol. La 2^{ème} cuve est remplie avec le contenu de la fiole n°1, et la 3^{ème} avec le contenu de la fiole n°2. La mesure est à 520 nm, après 2 minutes de l'introduction du chlorure ferrique dans les fioles. Les résultats sont exprimés comme suit :

- Calcul de la valeur E

$$E = \frac{D_o \times Dil}{100 \times poids}$$

Où :

D_o : Absorbance de la cuve 3 moins l'absorbance de la cuve 2

Dil : Dilution

- Calcul du titre exprimé en %

$$\text{Titre \%} = \frac{E \times 100}{E \text{ théorique}}$$

Le E théorique du tocophérol est déterminé par étalonnage. Il est égal à 373.

II.2. 5. 10. Dosage de protéines totales:

La teneur en protéines est déterminée par le dosage de l'azote total par la méthode de

Kjeldahl (NF V 036050). 1g de monoconcentré de tomate et 1 ml de jus de tomate sont minéralisés dans 15 ml d'acide sulfurique en présence d'un catalyseur chimique composé de Sélénium et de sulfate de cuivre. L'alcalinisation des produits de la réaction et leur distillation sont assurées par l'ajout de 25 ml de NaOH 35%. L'ammoniac libéré est titré par l'acide chlorhydrique à 0.1 M. La teneur en azote est exprimée en pourcentage par rapport à la masse du produit selon la formule suivante :

$$\text{Taux d'azote (\%)} N = V \times \frac{14.008 \times T \times 100}{m} = V \times 0.14008$$

Où :

V (ml): Volume de la solution d'acide chlorhydrique

T : Normalité de l'acide chlorhydrique utilisé pour le titrage = 0.1 N

m (g): Masse de la prise d'essai = 1000mg.

14.008: Facteur de correction

Il est admet par convention que les protéines en g = 6.25 x N. La teneur en protéines totales est exprimée selon la formule qui suit:

$$\text{Taux de protéines (\%)} = V \times 0.14008 \times 6.25 = V \times 0.8755$$

Où :

V (ml) : Le volume en ml de la solution d'acide chlorhydrique

II.3. Extractions et déterminations des taux de protéines de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate

Les taux de protéines extraites de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate par les méthodes de Rocco et al., 2006, de Bencieveni et al., 2011, de Pascual et al., 2012, la méthode standard d'extraction des protéines d'origine végétale et les méthodes obtenues par combinaisons des méthodes d'extraction de Pascual et al., 2012, de Bencieveni et al., 2011 et la méthode standard d'extraction des protéines d'origine végétale sont déterminés par la méthode de Bradford (A.O.A.C., **Official Methods of Analysis, 1984**). Les méthodes d'extractions sont appliquées en 3 répliques.

II.3. 1. Extraction des protéines de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate par les méthodes de Rocco et al., 2006, de Bencievanni et al., 2011, de Pascual et al., 2012 et par la méthode standard d'extraction des protéines d'origine végétale

II.3. 1. 1. Extraction des protéines de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate par la méthode de Rocco et al., 2006

Après broyage dans l'azote liquide, 2,5g de chaque poudre de tomate fraîche et du monoconcentré de tomate sont additionnées à 7.5 ml du tampon d'extraction formé de tris-Hcl 500mM, d'éthylène diamine tétraacétique (EDTA) 50mM, de Kcl 10mM, de β -mercaptoethanol 2%, de phenylmethylsulfonyl fluoride (PMSF) 1mM et de 7 ml de phénol 100%. Les suspensions sont vortexées (IKA Agitateurs-secoueurs) et placées dans un réfrigérateur à 4°C pendant 15 minutes. Ensuite, les échantillons sont centrifugés à 10000g en 15 minutes. Les surnageants sont récupérés et les protéines sont précipitées à partir de cette phase par l'acétate d'ammonium pendant une nuit à -20°C. Les culots sont récupérés et resolubilisés dans la même solution d'extraction. Les absorbances des solutions sont mesurées par spectrophotométrie à $\lambda=660\text{nm}$.

II.3. 1. 2. Extraction des protéines de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate par la méthode de Bencivanni et al., 2011

Après broyage dans l'azote liquide, 2,5g de chaque poudre de tomate fraîche et du monoconcentré de tomate sont homogénéisés à l'aide d'un ultra Turraux (ULTRA-TURRAX® Tube Drive) dans de l'acétone froide et laissée pendant une nuit à -20°C. Les culots formés sont lavés 2 fois avec de l'acétone froide et une fois avec de l'acétone froide diéthyléther (1:1). Les protéines obtenues sont mises en suspension dans une solution composée de 650 mg de tris, de sodium dodécyl sulfate (SDS) 4%, de 3.086 g de dithiothréitol (DTT) et de 500 ml d'eau distillée. Les concentrations des protéines sont déterminées par spectrophotométrie à $\lambda=660\text{nm}$.

II.3. 1. 3. Extraction des protéines de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate par la méthode de Pascual et al., 2012

Après broyage dans l'azote liquide, 200mg de chaque poudre de tomate fraîche et du monoconcentré de tomate sont trempés dans 500 ml d'une solution saline tamponnée au

phosphate (PBS). Les mélanges sont agités pendant 15 minutes à 4°C et centrifugés à 7000g durant 40 minutes à 4°C. Les absorbances sont mesurées par spectrophotométrie à $\lambda = 660\text{nm}$.

II.3. 1. 4. Extraction des protéines de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate par la méthode standard d'extraction des protéines d'origine végétale

Après broyage dans l'azote liquide, 2g de chaque poudre de tomate fraîche et du monoconcentré de tomate sont solubilisés dans 6 ml de la solution de DLA composée de thiourée 2M, urée 7M, 3-[(3-cholamidopropyl) diméthyl ammonio]-1- propanesulfonate (CHAPS) 4% et tris 30 mM. Les solutions sont homogénéisées au Vortex (IKA Agitateurs-secoueurs) et placées dans un réfrigérateur à 4°C pendant 15 minutes. Ensuite, les échantillons sont centrifugés à 15420g durant 30 minutes. Les surnageants sont récupérés et les absorbances mesurées par spectrophotométrie à $\lambda = 660\text{nm}$.

II.3. 1. 5. Lyophilisation de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate

La lyophilisation est appliquée car les techniques de Rocco et al., 2006, de Pascual et al., 2012., de Bencievanni et al., 2011 et la méthode standard d'extraction des protéines d'origine végétale ne donnent pas de résultats pour le monoconcentré de tomate (les protéines dans le monoconcentré de tomate se trouvant en très faibles concentrations). 100g de tomate fraîche et de monoconcentré de tomate sont lyophilisés (lyophilisateur CRYONEXT) à une température de - 80°C et à une pression de 0.04 mBar pendant une nuit. Les poudres récoltées sont utilisées pour l'extraction des protéines.

II.3. 2. Mise au point de la méthode d'extraction des protéines de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate par combinaisons des méthodes d'extraction de Pascual et al., 2012, de Bencievanni et al., 2011 et la méthode standard d'extraction des protéines d'origine végétale

II. 3. 2. 1. Extraction des protéines de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate par la méthode obtenue par combinaison de la méthode de Pascual et al., 2012 et de Bencievanni et al., 2011

Après broyage dans l'azote liquide, 200mg de chaque poudre de tomate fraîche et du monoconcentré de tomate sont trempés dans 500 ml de PBS. Les mélanges sont agités pendant 15 minutes à 4°C et centrifugés à 7000g en 40 minutes à 4°C. Les surnageants sont

récupérés et les protéines sont précipitées par l'acétone froid et laissées pendant une nuit à -20°C . Les culots sont lavés 2 fois avec de l'acétone froid et une fois avec de l'acétone froid diéthyléther (1:1). Les poudres obtenues sont mises en suspension dans le PBS. Les protéines sont dosées par spectrophotométrie à $\lambda = 660\text{nm}$.

II.3. 2. 2. Extraction des protéines de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate par la méthode obtenue par combinaison des méthodes de Pascual et al., 2012, de Bencievanni et al., 2011 et la méthode standard d'extraction des protéines d'origine végétale

Pour l'amélioration des rendements en protéines extraites de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate, il est combiné les méthodes de Pascual et al., 2012, de Bencievanni et al., 2011 et la méthode standard d'extraction des protéines d'origine végétales.

Après broyage dans l'azote liquide, 200mg de chaque poudre de tomate fraîche et du monoconcentré de tomate sont trempés dans 500 ml de PBS. Les mélanges sont agités pendant 15 minutes à 4°C et centrifugés à 7000g pour 40 minutes à 4°C . Les surnageants sont récupérés et les protéines sont précipitées par l'acétone froid et laissées pendant une nuit à -20°C . Les précipités sont lavés 2 fois avec de l'acétone froid et une fois avec de l'acétone froid diéthyléther (1:1). Les poudres récoltées sont mises en suspension dans le DLA. Le dosage des protéines est fait par spectrophotométrie à $\lambda = 660\text{nm}$.

Les extraits protéiques obtenus à partir de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate par la méthode mise en évidence par combinaison entre les méthodes de Pascual et al., 2012, la méthode de Bencievanni et al., 2011 et la méthode standard d'extraction des protéines d'origine végétales sont lyophilisés et stockés à -20°C .

II.3. 3. Effets de paramètres physicochimiques sur la quantité de protéines extraites de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate par la méthode mise au point par combinaison entre les méthodes de Pascual et al., 2012, de Bencievanni et al., 2011 et la méthode standard d'extraction des protéines d'origine végétale

La lyophilisation n'a pas permis l'amélioration de la quantité des protéines extraites de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate. Pour obtenir le maximum de protéines de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate, il est étudié l'effet de certains paramètres physico-chimiques sur l'extraction des protéines.

II.3. 3. 1. Effet de la sonication sur l'extraction des protéines de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate

Après broyage dans l'azote liquide, 200mg de chaque poudre de tomate fraîche et du monoconcentré de tomate sont trompées dans 500ml de PBS. Chaque mélange est divisé en 2 parties égales. Un échantillon a subi une sonication 10 x 10 pulses (Sonicateur Omnirupta 400W) et l'autre est utilisé comme témoin (sans sonication). Les solutions sont agitées pendant 15 minutes à 4°C et centrifugées à 7000g durant 40 minutes à 4°C. Les surnageants sont récupérés et les protéines sont précipitées par l'acétone froid et laissées pendant une nuit à -20°C. Les culots sont lavés 2 fois avec de l'acétone froid et une fois avec de l'acétone froid diéthyléther (1:1). Les protéines sont mises en suspension dans le DLA. Les dosages sont effectués par spectrophotométrie à $\lambda=660\text{nm}$.

II.3. 3. 2. Effet du pH sur l'extraction des protéines de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate

Après broyage dans l'azote liquide, 200mg de chaque poudre de tomate fraîche et du monoconcentré de tomate sont trompées dans 500 ml de PBS. Le pH des extraits est de 7,8. Chaque solution est répartie en 5 parties égales. Les pH des solutions varient comme suit: pH=8, pH=9, pH=6, pH=5, pH=4. Les solutions sont agitées pendant 15 minutes à 4°C et centrifugées à 7000g en 40 minutes à 4°C. Les surnageants sont récupérés et les protéines sont précipitées par l'acétone froid et laissées pendant une nuit à -20°C. Les culots sont lavés 2 fois avec de l'acétone froid et une fois avec de l'acétone froid diéthyléther (1:1). Les protéines sont mises en suspension dans le DLA. Les absorbances sont mesurées par spectrophotométrie à 660nm.

II.3. 3. 3. Effet de la température sur l'extraction des protéines de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate

Après broyage dans l'azote liquide, 200mg de chaque poudre de tomate fraîche et du monoconcentré de tomate sont trompés dans 500 ml de PBS. Chaque solution est répartie en 5 parties égales. Les solutions sont chauffées au bain Marie à 20°C, 30°C, 40°C, 50°C et 60°C pendant 15 minutes. Les échantillons sont centrifugés à 7000g durant 40 minutes à 4°C. Les surnageants sont récupérés et les protéines sont précipitées par l'acétone froid et laissées pendant une nuit à -20°C. Les culots sont lavés 2 fois avec de l'acétone froid et une fois avec

de l'acétone froid diéthyléther (1:1). Les protéines sont mises en suspension dans le DLA et les absorbances sont mesurées par spectrophotométrie à 660nm.

II.3. 3. 4. Effet du temps d'extraction sur les protéines de la tomate fraîche et du monoconcentré

Après broyage dans l'azote liquide, 200mg de chaque poudre de tomate fraîche et du monoconcentré de tomate sont trompés dans 500 ml de PBS puis sonicés 10 x 10 pulses. La solution est répartie en 3 parties égales. Les 3 échantillons sont successivement agités pendant 15 minutes, 30 minutes et 60 minutes puis centrifugés à 7000g en 40 minutes à 4°C. Les surnageants sont récupérés et les protéines sont précipitées par l'acétone froid et laissées pendant une nuit à -20°C. Les culots sont lavés 2 fois avec de l'acétone froid et une fois avec de l'acétone froid diéthyléther (1:1). Les protéines sont mises en suspension dans le DLA. Les absorbances sont mesurées par spectrophotométrie à 660nm.

II.3. 4. Mise au point de la méthode d'extraction des protéines de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate

Après broyage dans l'azote liquide, 200mg de chaque poudre de tomate fraîche et du monoconcentré de tomate sont trompés dans 500 ml d'une solution saline tamponnée au phosphate (PBS) (Pascual et al., 2012). Les mélanges de pH=8 sont sonicés (10x10 pulses), agités durant 15 minutes à 40°C à pH=8 et centrifugés à 7000g pendant 40 minutes à 4°C (Pascual et al., 2012). Les surnageants sont récupérés et les protéines sont précipitées par l'acétone froid et laissées pendant une nuit à -20°C. Les protéines lavées 2 fois avec de l'acétone froid et une fois avec de l'acétone froid diéthyléther (1:1) (Bencievanni et al., 2011) sont mises en suspension dans le DLA (La méthode standard d'extraction des protéines végétales). Le dosage des protéines est réalisé par spectrophotométrie à $\lambda = 660\text{nm}$.

II. 3. 5. Analyses électrophorétiques des protéines extraites de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate par les différentes méthodes d'extractions utilisées

Les protéines de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate sont extraites selon les méthodes de Rocco et al., 2006, de Bencievanni et al., 2011, de Pascual et al., 2012, la méthode standard d'extraction des protéines végétales, la méthode obtenue par combinaison des méthodes de Pascual et al., 2012 et de Bencievanni et al., 2011 et celle obtenue par

combinaison des méthodes de Pascual et al., 2012, de Bencievanni et al., 2011 et la méthode standard d'extraction des protéines d'origine végétale.

II. 3. 5. 1. Electrophorèse monodimensionnelle des protéines de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate

L'électrophorèse monodimensionnelle des protéines de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate est réalisée en conditions dénaturantes sur gel de polyacrylamide en présence de sodium dodécyl sulfate (SDS). Le gel de séparation constitué de 3.12 ml d'acrylamide 30%, 2.13 ml tris-Hcl pH=8.8, 3.18 ml d'eau distillée, 42.5 µl de sodium dodécyl sulfate (SDS 4g/20ml, 2.5 µl tetramethylenediamine (TEMED) et 42.5 µl de persulfate d'ammonium (APS) 10% est coulé entre deux plaques de verre et laissé jusqu'à polymérisation. Le gel de concentration formé de 0.58ml d'acrylamide 30%, 0.88 ml tris-Hcl pH= 6.8, 2 ml d'eau distillée, 17.5 µl de sodium dodécyl sulfate (SDS) 20% , 4.2 µl tetramethylenediamine (TEMED) et 17.5 µl de persulfate d'ammonium (APS) 10% est coulé. Le gel est enchâssé d'un peigne formant les puits. Le solvant de migration est composé de 12.5 ml tris-Hcl 25mM, 14.4 g de glycine, 10ml SDS 10% et 977.5 ml d'eau distillée. A 20 µg de protéines, il est ajouté le 1/4 du volume de la solution de Leimmeli formée de 2.4 ml de tris-Hcl pH =6.8, 0.8 g SDS, 4 ml de glycérol 100% et 100 µl de bleu de bromophénol 2%. 5 µl du mélange des protéines marqueurs de masses moléculaires de 15 - 200 KDa sont placés dans un puits au milieu du gel. Les répliques correspondants aux différents extraits sont placés avant et après les protéines témoins. L'électrophorèse est réalisée à 25mA pendant 1 heure 40 minutes. Les bandes électrophorétiques sont révélées après coloration pendant une heure au bleu de Coomassie R250 (500 mg de Bleu brillant de Coomassie R250, 250 ml d'eau distillée et 250 ml d'éthanol). Les gels décolorés avec une solution formée de 220 ml de méthanol, 89 ml d'acide acétique et 689 ml d'eau distillée pendant une nuit sont scannés et analysés par le logiciel d'analyse d'image (LABIMAGE 1D PROFESSIONAL V.2006). Ce dernier permet la transformation de l'image expérimentale en une information numérique utilisable par ordinateur. Il détecte automatique la ruelle et la bande et offre la quantification et le calcul des masses moléculaires. Les données d'analyse sont récapitulées dans des rapports significatifs.

II. 3. 5. 2. Electrophorèse bidimensionnelle des protéines de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate des trois récoltes

II. 3. 5. 2.1. Isoélectrofocalisation-1D (IEF-1D) des protéines de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate

L'isoélectrofocalisation des protéines extraites selon les méthodes de Rocco et al., 2006, de Bencievni et al., 2011, de Pascual et al., 2012 et la méthode standard d'extraction des protéines végétales, la méthode obtenue par combinaison des méthodes de Pascual et al., 2012 et de Bencievni et al., 2011 et celle obtenue par combinaison des méthodes de Pascual et al., 2012, de Bencievni et al., 2011 et la méthode standard d'extraction des protéines d'origine végétale de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate est faite en conditions natives sur gel de polyacrylamide sur un appareil Multiphor G.E Helthcare (repsale suède). Avant la migration, le gel sec est réhydraté avec une solution composé de 72.1 g d'urée, 10 ml de Tris, 69ml de glycérol, 4g d'SDS, 700 µl de Bleu de bromophénol et 200 ml d'eau distillée. A chaque 0.5 ml de cette solution, il est rajouté 1.4 mg de DTT et 2.5 µl d'ampholytes (urée 4M, théourée 2 à 5% et 125ml d'ampholytes). Un volume équivalent à 20 µg est additionné de 1 µl de Cys 3 et 1 µl de Cys 4. Le mélange est vortexé et incubé pendant 30 minutes. Après ajout de 1 µl de Lysine, l'ensemble est agité durant 10 minutes. Le dépôt est effectué sur des strips de 7 cm de longueur. Le gradient de pH est de 3 à 11. L'isoélectrofocalisation est faite à une tension de 1000 V pendant 3 h.

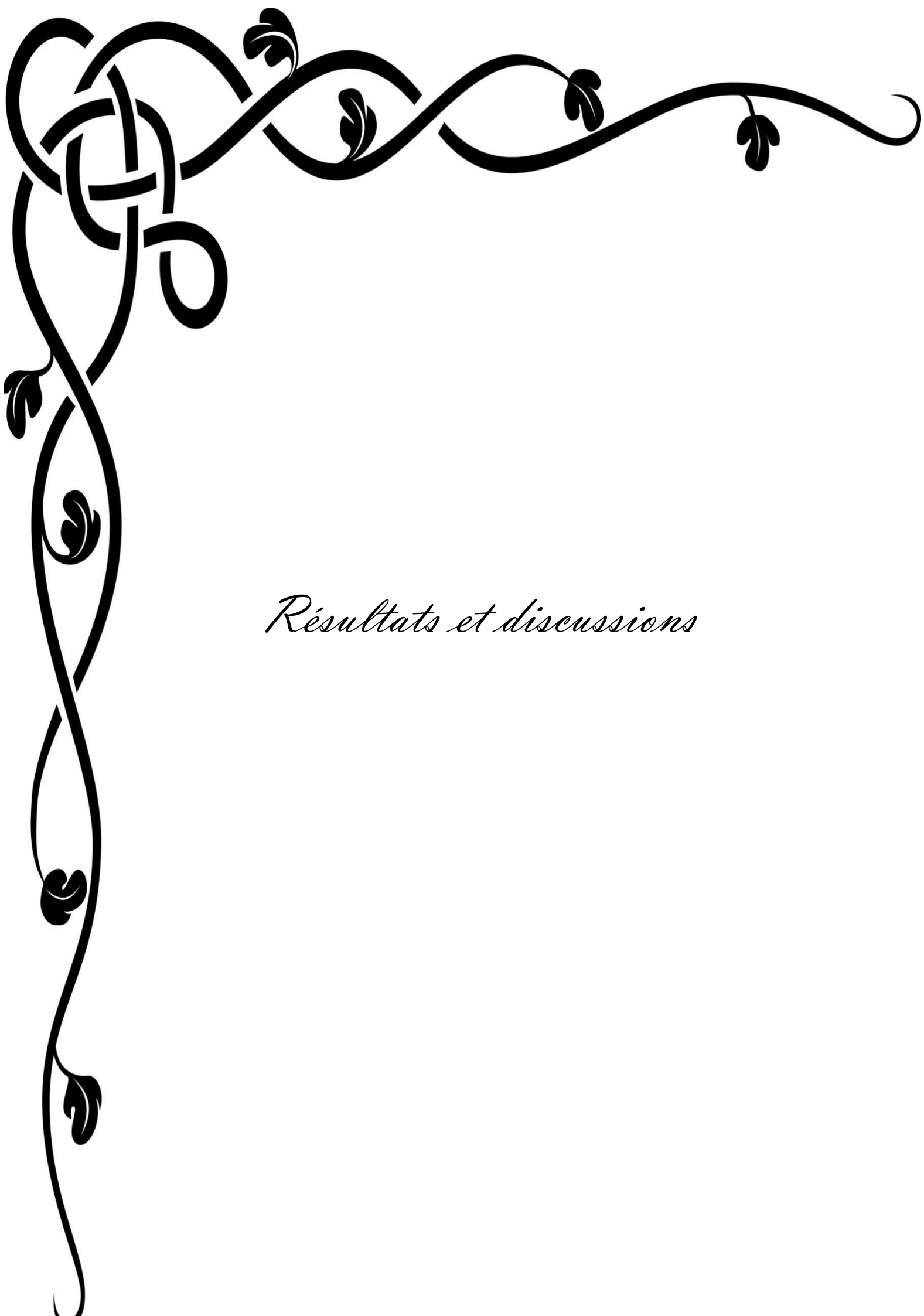
II. 3. 5. 2. 2. Electrophorèse bidimensionnelle (2D) des protéines de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate

les strips contenant les protéines séparées en fonction des p.I ayant servi pour la première dimension sont équilibrés à température ambiante pendant 10 minutes sous une faible agitation dans un tampon composé de 10 ml d'SDS et 0.2 g de DTT pendant 10 minutes (Réduction) et dans un tampon formé de 10 ml d'SDS et 0.28 g d'iodoacétamide (alkylation). Elles sont ensuite posées sur un gel de polyacrylamide de gradient de concentration de 8 à 18% (ExcelGel™ SDS GE Healthcare). Les Mr des molécules protéiques témoins varient de 15 à 200 kDa (GE Heathcare). L'électrophorèse est concrétisée à 15mA pendant 15 minutes, à 25mA durant 57minutes et à 35mA en une heure 40 minutes. Après 4 h de migration à 102V et 20mA, le bleu de coomassie R.250 est exploité pour la révélation des macromolécules recherchées. La décoloration est réalisée avec une solution constituée

d'éthanol 30% et d'acide acétique 10% pendant une nuit. Les gels sont photographiés avec le système de formation d'image.

II.5. Analyses statistiques

Les résultats sont présentés sous forme de moyennes arithmétiques (\bar{X}) \pm l'écart-type (SD) des différentes répétitions de tous les paramètres physicochimiques. Afin de mettre en évidence les relations entre les paramètres de qualité du monoconcentré de tomate, il est calculé le coefficient de corrélation « r » (logiciel MINITAB v.14). La signification de la corrélation est interprétée à trois niveaux: $\alpha = 0,05$, $\alpha = 0,01$ et $\alpha = 0,001$.



Résultats et discussions

III. Résultats et discussions

III. 1. Analyse de la qualité du monoconcentré de tomate

III. 1. 1. Analyses microbiologiques

III. 1. 1.1. Détermination des charges microbiennes et des tests de stabilités du jus frais et du monoconcentré de tomate

Les résultats des dénombrements de la flore aérobique mésophile totale, des levures, des moisissures, des entérobactéries, des clostridiums (anaérobies) sulfito-réducteurs, des coliformes totaux, des staphylocoques pathogènes et des salmonelles du jus de tomate frais et du monoconcentré de tomate obtenus au cours du processus technologique en chaine continue et en Hot-Break montrent l'efficacité des traitements thermiques appliqués de préchauffage à 64.44°C pendant 20 min, de concentration à 88.23°C durant 2h, de pasteurisation à 91.7°C en 20min et de stérilisation utilisés (**Tableau N° 9**).

Les tests de stabilité sont effectués sur les conserves alimentaires de pH < 4,5. Le contrôle de la stabilité du monoconcentré de tomate se fait à 30 °C +/- 2 pendant 21 jours. Après incubation pendant 21 jours à 30 °C +/- 2 par rapport au témoin laissé à 25°C, l'échantillon est considéré comme stable lorsqu'il présente l'ensemble des caractéristiques suivantes:

- Absence de déformation de l'emballage
- Absence de modifications concernant l'odeur, l'aspect et la texture du produit par rapport au témoin
- Différence de pH $\leq 0,5$ unité de pH, le pH le plus élevé doit rester inférieur à 4,5.

D'après le **tableau N°10**, il est noté que le pH du monoconcentré de tomate produit par le processus technologique en chaine continu et en Hot-Break de l'année 2015 laissé pendant 21 jours à température ambiante de 25°C est de 4,10 alors que celui du monoconcentré de tomate produit au cours du processus technologique en chaine continu et en Hot-Break de l'année 2015 étuvé pendant 21 jours à 30°C est de 4,09. Le pH du monoconcentré de tomate produit par le processus technologique en chaine continu et en Hot-Break de l'année 2016 laissé pendant 21 jours à température ambiante de 25°C est de 4,06 alors que celui du monoconcentré de tomate produit au cours du processus technologique en chaine continu et en Hot-Break de l'année 2016 étuvé pendant 21 jours à 30°C est de 4,04.

Résultats de discussions

Tableau N°9: Charges microbiennes du jus frais et du monoconcentré de tomate des récoltes 2015,2016 et 2017

Charges microbiennes du jus frais et du monoconcentré de tomate obtenues avec la tomate de la récolte 2015		
GERMES	Jus de tomate	MCT
Germes aérobies à 30°C [25]	60.10 ² UFC.g ⁻¹	Absence
Enterobactéries [26]	Absence	Absence
Coliformes totaux [27]	Absence	Absence
Staphylocoques [28]	Absence	Absence
Clostridium sulfitoréducteurs [29]	Absence	Absence
Salmonelles [30]	Absence	Absence
Levures [31]	Absence	Absence
Moisissures [31]	1	Absence
Charges microbiennes du jus frais et du monoconcentré de tomate obtenues avec la tomate de la récolte 2016		
GERMES	Jus de tomate	MCT
Germes aérobies à 30°C [25]	58.10 ² UFC. g ⁻¹	Absence
Enterobactéries [26]	Absence	Absence
Coliformestotaux [27]	Absence	Absence
Staphylocoques [28]	Absence	Absence
Clostridium sulfitoréducteurs [29]	Absence	Absence
Salmonelles [30]	Absence	Absence
Levures [31]	Absence	Absence
Moisissures [31]	1	Absence
Charges microbiennes du jus frais et du monoconcentré de tomate obtenues avec la tomate de la récolte 2017		
GERMES	Jus de tomate	MCT
Germes aérobies à 30°C [25]	62.10 ² UFC. g ⁻¹	Absence
Enterobactéries [26]	Absence	Absence
Coliformestotaux [27]	Absence	Absence
Staphylocoques [28]	Absence	Absence
Clostridium sulfitoréducteurs [29]	Absence	Absence
Salmonelles [30]	Absence	Absence
Levures [31]	Absence	Absence
Moisissures [31]	1	Absence

*MCT: Monoconcentré de tomate ; *UFC. g⁻¹ : unité formant une colonie. g⁻¹ .

Tableau N°10 : Variation des pH des monoconcentrés de tomate obtenus au cours du processus technologique de production en chaine continu et en Hot-Breack des récoltes 2015, 2016 et 2017 après incubation à 30°C pendant 21 jours

Processus technologiques	Ph	
	Monoconcentré de tomate témoin laissé à 25°C pendant 21 jour	Monoconcentré de tomate incubé à 30°C pendant 21 jours
Processus technologique de production du monoconcentré de tomate en chaine continu et en Hot-Breack de l'année 2015	4.10 ±0,020	4.09 ±0,020
Processus technologique de production du monoconcentré de tomate en chaine continu et en Hot-Breack de l'année 2016	4.06 ± 0,018	4.04 ± 0,018
Processus technologique de production du monoconcentré de tomate en chaine continu et en Hot-Breack de l'année 2017	4.07 ± 0,015	4.05 ± 0,015

Le pH du monoconcentré de tomate produit au cours du processus technologique en chaîne continu et en Hot-Break de l'année 2017 laissé pendant 21 jours à température ambiante de 25°C est de 4,07 alors que celui du monoconcentré de tomate produit au cours du même processus technologique étuvé pendant 21 jours à 30°C est de 4,05. Les différences entre les pH des monoconcentrés de tomate témoins laissés à 25°C et les pH des monoconcentrés de tomate étuvés pendant 21 jours à 30°C sont inférieures à 0,5 unité de pH. Il n'y a pas de déformation ou de bombage, ni d'observations des changements d'odeur ou de texture. Les monoconcentrés de tomate obtenus au cours des processus technologiques des années 2015, 2016 et 2017 sont donc considérés comme stables.

L'incubation seule ne suffit pas, elle est moins sûre que l'analyse de la stabilité car l'absence de bombage ne signifie pas l'absence de contamination. Il existe des bactéries non-gazogènes ou peu gazogènes (*Clostridium botulinum*) dont le développement ne s'accompagne pas de gonflement des boîtes. D'où la nécessité de réaliser des tests de stabilité qui permettent de suivre l'évolution du pH.

III. 1. 2. Analyses physicochimiques

III. 1. 2. 1. Effets de chaque phase du processus technologique de fabrication du monoconcentré de tomate des récoltes 2015, 2016 et 2017 sur chaque paramètre physicochimique

III. 1. 2. 1. 1. Effets de la filtration et du préchauffage sur chaque paramètre physicochimique

Les effets de la phase de filtration et de préchauffage à une température moyenne de 64.66°C pendant 20min appliquée au cours du processus technologique de fabrication du monoconcentré de tomate des récoltes 2015, 2016 et 2017 sur les taux de Brix, de sucres réducteurs, d'acide ascorbique (vitamine C), d' α -tocophérol (vitamine E), de lycopène, de β -carotène et sur le rapport des couleurs rouge sur jaune (a/b), la luminosité, la viscosité, le pH, l'acidité titrable et sur le taux des protéines sont représentés dans **le tableau N°11**.

Il est observé que durant la phase de filtration et de préchauffage des jus frais de tomate des récoltes 2015, 2016, et 2017 à une température moyenne de 64.66°C pendant 20min, il y a une diminution des taux de Brix, de sucres réducteurs, d'acide ascorbique (vitamine C),

Résultats de discussions

Tableau N°11 : Effets de la phase de filtration et de préchauffage à une température moyenne 64,66°C pendant 20 min sur chaque paramètre physicochimique

Paramètres physicochimiques	Jus de tomate frais	Jus de tomate filtré et préchauffé à 64.66°C pendant 20 minutes
Brix [%]	5,630 ±0,170	5,480 ±0,252
Sucres réducteurs [%]	12,747 ±0,012	10,183 ±0,017
Acide ascorbique [mg.100 g⁻¹]	10,500 ±0,172	7,530 ±0,169
α-tocophérol [mg.100 g⁻¹]	0,560 ±0,030	0,430 ± 0,028
Lycopéne [mg.100 g⁻¹]	35,030 ±0,013	34,449 ±0,013
β-carotène [mg.100 g⁻¹]	9,035 ±0,173	7,733 ±0,252
Rapport des couleurs rouge sur jaune (a/b)	2,293 ±0,014	2,170 ±0,054
Luminosité	30,735 ±0,073	26,041 ±0,056
Viscosité [cm Bw]	000	000
pH	4,240 ±0,152	4,210 ±0,160
Acidité titrable [%]	6,383 ±0,123	6,660 ±0,176
Protéines [mg.100 g⁻¹]	1,679 ±0,020	1,163 ±0,018

d' α -tocophérol (vitamine E), de lycopène, de β -carotène, du rapport des couleurs rouge sur jaune, de la luminosité, de pH avec une légère augmentation de l'acidité titrable et une diminution des taux de protéines.

La diminution du taux de Brix est expliquée par l'élimination de la peau et des graines de tomate en tant que déchets lors de l'étape de filtration. Ces parties de la tomate contiennent certains composés intervenant dans l'expression globale de l'indice de réfraction (Brix) tels les protéines et les sucres réducteurs (**Latlief et Kornorr, 1983 ; Sogi et Bawa, 1998**). Le préchauffage à 64.66°C pendant 20 minutes utilisé conduit à la dégradation de l'acide ascorbique (vitamine C) et de l' α -tocophérol (vitamine E), cela est rapporté par la littérature (**Sanchez - Moreno, 2006; Perez-Coneza et al, 2009; Patras et al., 2009**). La diminution des taux de lycopène et de β -carotène est causée par leurs pertes lors de l'élimination de la peau des tomates au cours de la filtration. Une étude démontre que la peau est plus riche en lycopène que la pulpe et qu'un régime comprenant 100 g de tomates entières fournit $1,35 \pm 0,29$ mg de lycopène alors que celui des tomates pelées fournit $0,35 \pm 0,18$ mg de lycopène (**Markovic et al., 2010**). Comme le lycopène et le β -carotène sont responsables de la rougeur de la tomate, leur diminution conduit à la baisse de l'intensité de la couleur et donc de la luminosité. La baisse du pH est due à l'augmentation de la concentration en acides organiques, comme les acides acétique et citrique sous l'effet de la chaleur favorisant leur libération (**Boubidi et al., 2014**). La baisse conduit à une augmentation de l'acidité. La stabilité d'un produit acide ne nécessite qu'un faible traitement thermique pour éliminer les germes aléatoires (Levures et moisissures, bactéries lactiques et acétiques). La baisse est donc interprétée comme une amélioration de la conservation de produit. Quant aux protéines, la partie solide éliminée comme déchets au cours de la phase de filtration contiennent selon les travaux de **Tsatsaronis et Boskou (1975); Carlson et al (1981); Geisman (1981)** 22,2 à 33,9% de protéines. Les graines contiennent la majeure partie des protéines. Cela est confirmé par les travaux de **Latlief et Kornorr (1983); Sogi et Bawa (1998)**.

III. 1. 2. 1. 2. Effet de la concentration sur chaque paramètre physicochimique

Les effets de la phase de concentration à une température moyenne de 88.23°C pendant 2 heures appliquée au cours du processus technologique de fabrication du monoconcentré de tomate des récoltes 2015, 2016 et 2017 sur les taux de Brix, de sucres réducteurs, d'acide ascorbique (vitamine C), d' α -tocophérol (vitamine E), de lycopène, de β -carotène et sur le

rapport des couleurs rouge sur jaune (a/b), la luminosité, la viscosité, le pH, l'acidité titrable et le taux des protéines sont représentés dans **le tableau N°12**. Il est montré que durant la phase de concentration des jus filtrés et préchauffés de tomate des récoltes 2015, 2016 et 2017 à une température moyenne de 88.23°C pendant 2 h, il y a une augmentation des taux de Brix, de sucres réducteurs, d'acide ascorbique (vitamine C), d' α -tocophérol (vitamine E), de lycopène, de β -carotène, du rapport des couleurs rouge sur jaune, de la luminosité, de la viscosité, de l'acidité titrable et des protéines. Il y a une légère diminution du pH.

L'augmentation des taux des sucres réducteurs, d'acide ascorbique (vitamine C), d' α -tocophérol (vitamine E), de lycopène, de β -carotène, du rapport des couleurs rouge sur jaune, de la luminosité et des protéines est expliquée par la diminution de la teneur en eau après l'évaporation. Il y a donc une augmentation du taux de la matière sèche (Brix). La baisse du pH et l'augmentation de l'acidité titrable sont causées par l'augmentation de la concentration en acides organiques comme les acides acétique et citrique sous l'effet de la chaleur impliquée favorisant leur libération (**Boubidi et al., 2014**).

III. 1. 2. 1. 3. Effets des phases de pasteurisation et de stérilisation sur chaque paramètre physicochimique

Les effets de la phase de pasteurisation et de stérilisation appliquées au cours du processus technologique de fabrication du monoconcentré de tomate des récoltes 2015, 2016 et 2017 sur les taux de Brix, de sucres réducteurs, d'acide ascorbique, d' α -tocophérol, de lycopène, de β -carotène et sur le rapport des couleurs rouge sur jaune (a/b), la luminosité, la viscosité, le pH, l'acidité titrable et le taux des protéines sont représentés respectivement dans **les tableaux N°13 et N°14**.

Les traitements thermiques appliqués au cours des phases de pasteurisation et de stérilisation agissent de la même façon sur les paramètres physicochimiques. Durant les phases de pasteurisation et de stérilisation, il y a une diminution des taux de Brix, de sucres réducteurs, d'acide ascorbique et d' α -tocophérol. Il y a une augmentation des taux de lycopène, de β -carotène, du rapport des couleurs rouge sur jaune, de la luminosité, de la viscosité et de l'acidité titrable. Il y a une légère baisse du pH. Il est remarqué une stabilité du taux des protéines.

Résultats de discussions

Tableau N°12 : Effets de la phase de concentration à une température moyenne 88.23°C pendant 2 heures sur chaque paramètre physicochimique

Paramètres physicochimiques	Jus de tomate frais	Jus de tomate filtré et préchauffé à 64.66°C pendant 20 minutes
Brix [%]	5,480 ±0,252	22,731 ±0,295
Sucres réducteurs [%]	10,183 ±0,017	48,206 ± 0,020
Acide ascorbique [mg.100 g⁻¹]	7,530 ±0,169	14,430 ± 0,158
α-tocophérol [mg.100 g⁻¹]	0,430 ± 0,028	2,026 ± 0,030
Lycopène [mg.100 g⁻¹]	34,449 ±0,013	52,190 ±0,014
β-carotène [mg.100 g⁻¹]	7,733 ±0,252	15,360 ± 0,290
Rapport des couleurs rouge sur jaune (a/b)	2,170 ±0,054	2,290 ±0,047
Luminosité	26,041 ±0,056	26,190 ±0,090
Viscosité [cm Bw]	000	6,140 ± 0,164
pH	4,210 ±0,160	4,130 ± 0,070
Acidité titrable [%]	6,660 ±0,176	7,090 ± 0, 014
Protéines [mg.100 g⁻¹]	1,163 ±0,018	4,360 ± 0,029

Résultats de discussions

Tableau N°13: Effets de la phase de pasteurisation à une température moyenne 91.7°C pendant 20 minutes sur chaque paramètre physicochimique

Paramètres physicochimiques	Jus de tomate frais	Jus de tomate filtré et préchauffé à 64.66°C pendant 20 minutes
Brix [%]	22,731 ±0,295	22,330 ±2,014
Sucres réducteurs [%]	48,206 ± 0,020	47,026 ±0,018
Acide ascorbique [mg.100 g⁻¹]	14,430 ± 0,158	12,470 ± 0,140
α-tocophérol [mg.100 g⁻¹]	2,026 ± 0,030	2,016 ±0,019
Lycopéne [mg.100 g⁻¹]	52,190 ±0,014	52,262 ±0,012
β-carotène [mg.100 g⁻¹]	15,360 ± 0,290	15,537 ±0,190
Rapport des couleurs rouge sur jaune (a/b)	2,290 ±0,047	3,120 ±0,067
Luminosité	26,190 ±0,090	26,299 ±0,050
Viscosité [cm Bw]	6,140 ± 0,164	6,604 ±0,013
pH	4,130 ± 0,070	4,120 ±0,140
Acidité titrable [%]	7,090 ± 0, 014	7,350 ±0,180
Protéines [mg.100 g⁻¹]	4,360 ± 0,029	4,360 ± 0,017

Résultats de discussions

Tableau N°14: Effets de la phase de stérilisation à une température moyenne 95.1°C pendant 10 minutes sur chaque paramètre physicochimique

Paramètres physicochimiques	Jus de tomate frais	Jus de tomate filtré et préchauffé à 64.66°C pendant 20 minutes
Brix [%]	22,330 ±2,014	22,040 ±0,013
Sucres réducteurs [%]	47,026 ±0,018	46,633 ±0,010
Acide ascorbique [mg.100 g⁻¹]	12,470 ± 0,140	12,060 ±0,120
α-tocophérol [mg.100 g⁻¹]	2,016 ±0,019	1,960 ±0,050
Lycopéne [mg.100 g⁻¹]	52,262 ±0,012	52,361 ±0,012
β-carotène [mg.100 g⁻¹]	15,537 ±0,190	16,421 ±0,186
Rapport des couleurs rouge sur jaune (a/b)	3,120 ±0,067	3,170 ±0,069
Luminosité	26,299 ±0,050	26,450 ±0,070
Viscosité [cm Bw]	6,604 ±0,013	7,030 ±0,090
pH	4,120 ±0,140	4,080 ±0,120
Acidité titrable [%]	7,350 ±0,180	7,864 ±0,192
Protéines [mg.100 g⁻¹]	4,360 ± 0,017	4,360 ±0,015

La baisse des taux de Brix des échantillons durant les phases de pasteurisation à une température moyenne de 91.7°C pendant 20 minutes et de stérilisation à une température moyenne de 95.1°C durant 10 minutes. Le taux de Brix diminue en fonction de l'élévation de la température du traitement utilisé. L'élévation de la température entraîne la destruction ou l'entrée en réaction de certains composés de la matière sèche intervenant dans l'expression globale du Brix (**Guerrero et al., 2009**). Le Brix est un paramètre clé de la qualité du monoconcentré de tomate, sa baisse est interprétée comme étant une baisse de la qualité du monoconcentré de tomate. La libération des acides organiques augmente sous l'effet de la chaleur faisant augmenter l'acidité titrable du produit et donc baisser le pH (**Boubidi et al., 2014**). Les traitements thermiques appliqués au cours de la pasteurisation et de la stérilisation agissent de la même façon sur les taux de lycopène et du β -carotène en provoquant leurs augmentations. Ceci s'explique par leurs meilleure extrahibilité lors du dosage. Ce phénomène est due à leurs libération de la matrice végétale après la dissociation des complexes Lycopène – protéine et β -carotène – protéines sous l'effet de la chaleur (**Perez-coneza et al., 2009; Xianquan et al., 2005**). De plus il est démontré que le lycopène s'isomérisse sous l'effet de la chaleur et passe de la forme all - trans à la forme cis perçue comme une amélioration de la qualité (**Nguyen et al., 1997; Tonucci et al., 1995; Leoni et al., 2001**). Le lycopène et le β -carotène sont les pigments responsables de la couleur et de la luminosité de la tomate et ses dérivées. Leurs variations sont proportionnelles (**Kuo-Chiang Hsu, 2008; Patras et al., 2009**).

La dégradation de l'acide ascorbique est d'autant plus importante que le temps d'exposition est considérable. Sa baisse est une perte de la qualité de la pate de tomate. La diminution des taux de l' α -tocophérol et d'acide ascorbique est due aux effets des réactions de synergie qui existent entre eux (**Hazewindus and al., 2012**). Il y a une perte de qualité nutritionnelle. De plus, la diminution des taux des sucres réducteurs est due à l'élévation de la température au cours des phases de pasteurisation et de stérilisation. Le milieu acide induit le déclenchement du processus de brunissement non enzymatique ou réaction de Maillard (**Guerrero et al., 2009**) qui se produit entre les protéines et les sucres réducteurs d'un aliment (**Teodorescu, 1991**). Les protéines fibreuses et la cellulose entrant dans une telle réaction peuvent influencer la consistance de la pate de tomate. Il y a une augmentation de la viscosité (**Shrama et al., 1996**). Finalement, la vapeur est envoyée sur le tube dans lequel le produit est dirigé vers la mise en boîte et le sertissage pour la pasteurisation et la stérilisation.

Au cours de ces deux étapes aucune perte de monoconcentré de tomate n'est observée. C'est la raison de la stabilité du taux de protéines. La variation de ce dernier n'affecte pas la qualité commerciale du produit mais plutôt l'expression globale de l'indice de réfraction (Brix).

III. 1. 2. 2. Variations des paramètres physicochimiques en fonction du processus technologique de production du monoconcentré de tomate en Hot-Break et en continu des années 2015, 2016 et 2017:

Les variations comparables du groupe composé des taux de Brix, d'acide ascorbique, d' α -tocophérol, de sucres réducteurs et des protéines et celui formé des taux de lycopène, de β -carotène, des protéines, de la viscosité, du rapport des couleurs rouge sur jaune et de la luminosité, ainsi que le groupe constitué du pH et de l'acidité titrable en fonction des étapes du processus technologique de fabrication du monoconcentré de tomate en chaîne continue et en Hot-Break obtenu de la tomate des récoltes 2015, 2016 et 2017 sont représentés dans **les figures N°5, N°6 et N°7.**

Il est remarqué d'après **la figure N°5** que les variations des taux de Brix, d'acide ascorbique, d' α -tocophérol, de sucres réducteurs et des protéines en fonction du processus technologique de fabrication du monoconcentré de tomate en chaîne continue et en Hot-Break des récoltes 2015, 2016 et 2017 sont comparables. Les taux de ces paramètres diminuent après la phase de préchauffage et de filtration des jus à une température moyenne de 64.66°C pendant 20 minutes, augmentent après la phase de concentration à une température moyenne de 88.23°C durant 2 heures et diminuent finalement sous l'effet des traitements thermiques appliqués au cours de la pasteurisation à une température moyenne de 91.7 °C pour 20 minutes et de la stérilisation à une température moyenne de 95.1°C en 10 minutes, mise à part le taux des protéines qui reste constant durant ces deux phases de pasteurisation et de stérilisation. **La figure N°6** montre les variations similaires des taux de β -carotène, de lycopène, des protéines, du rapport des couleurs rouge sur jaune, de la luminosité et de la viscosité en fonction du processus technologique de fabrication du monoconcentré de tomates en chaîne continue et en Hot-Break des récoltes 2015, 2016 et 2017. Les teneurs en β -carotène, en lycopène, en protéines et le rapport des couleurs rouge sur jaune et la luminosité diminuent durant la phase de filtration et de préchauffage des jus à une température moyenne de 64.66°C pendant 20 minutes.

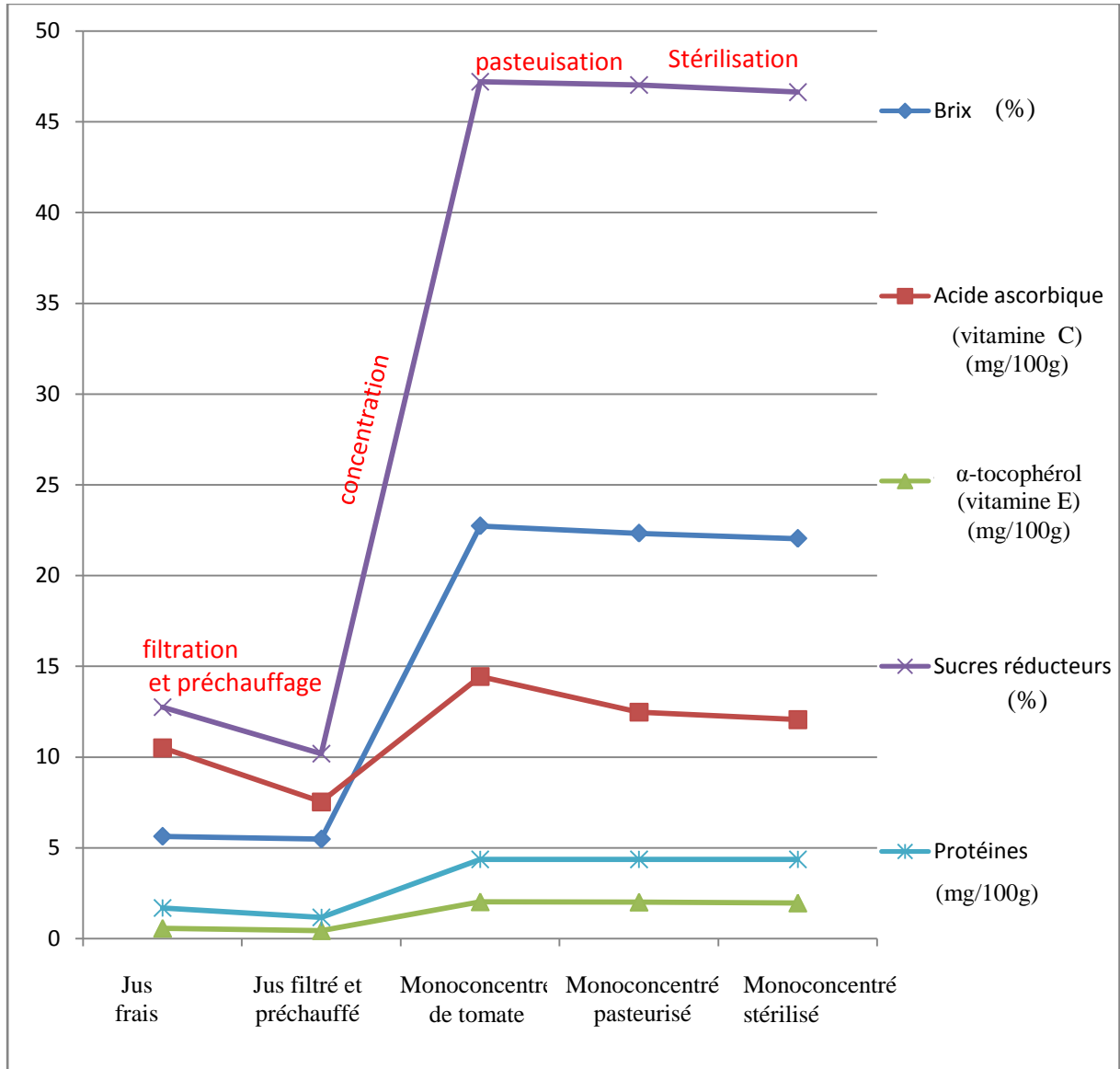


Figure N°5: Variations moyennes des taux de Brix, d'acide ascorbique, d'α-tocophérol, de sucres réducteurs et des protéines en fonction des phases du processus technologique de production du monoconcentré de tomate des récoltes 2015,2016 et 2017

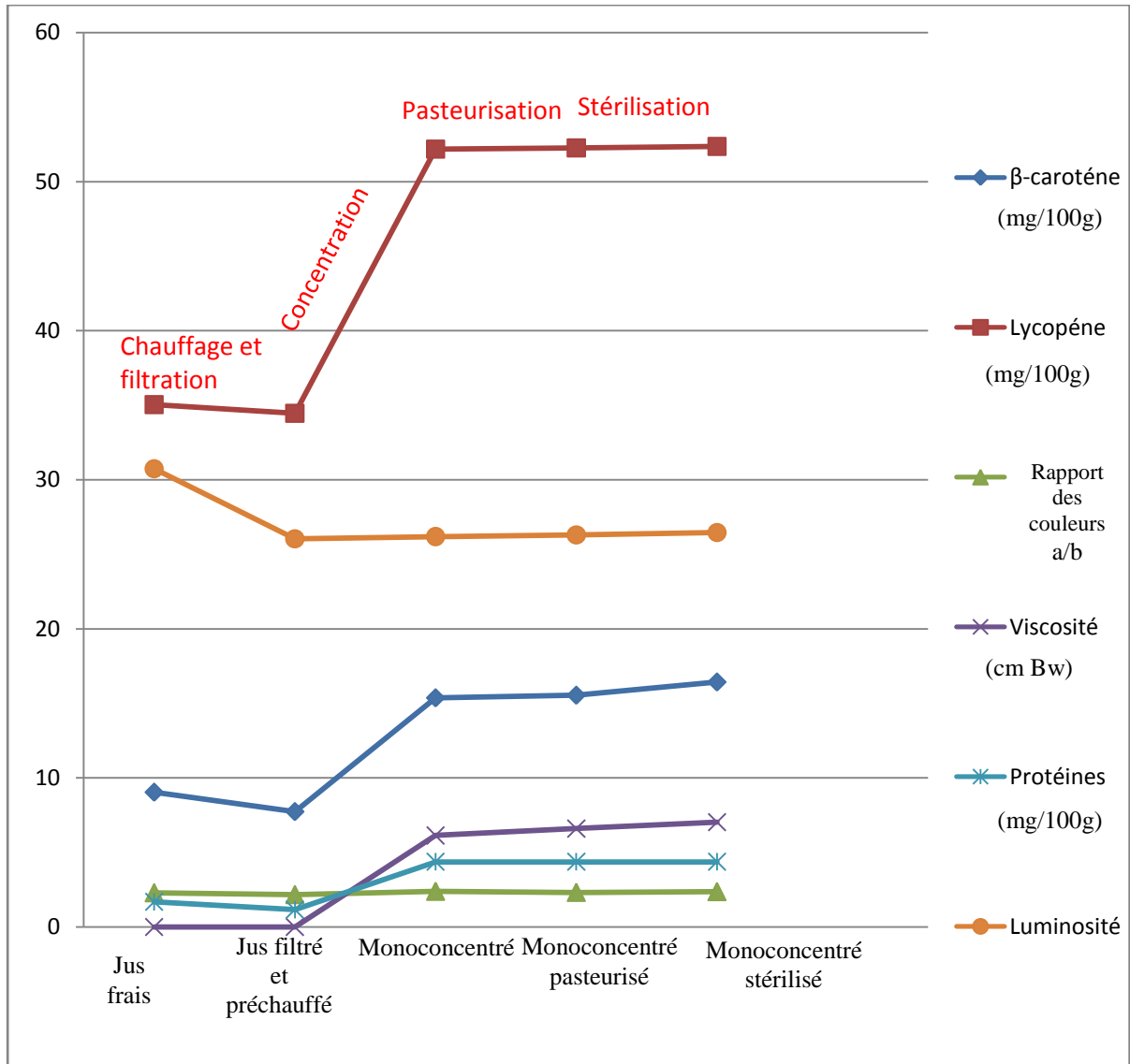


Figure N°6: Variations moyennes des taux de β-carotène, de lycopène, des protéines, de la viscosité, de la luminosité, du rapport des couleurs rouge sur jaune en fonction des phases du processus technologique de production du monoconcentré de tomate des récoltes 2015,2016 et 2017

Ces paramètres ainsi que la viscosité augmentent au cours de l'étape de concentration à une température moyenne de 88.23°C durant 2 heures, cependant durant les traitements thermiques appliqués au cours de la phase de pasteurisation à une température moyenne de 91.7°C pour 20 minutes et de la phase de stérilisation à une température moyenne de 95.1°C en 10 minutes il y a augmentation des taux de β -carotène, de lycopène, de viscosité, du rapport des couleurs rouge sur jaune et de la luminosité à l'exception du taux des protéines qui reste stable.

Il est observé d'après **la figure N°7**, il est observé que les variations du taux d'acidité et du pH en fonction du processus technologique de fabrication du monoconcentré de tomate en chaîne continue et en Hot-Break des récoltes 2015, 2016 et 2017 sont comparables. Le pH diminue après la phase préchauffage et de filtration des jus à une température moyenne de 64.66°C pendant 20 minutes, après la phase de concentration à une température moyenne de 88.23°C durant 2 heures et sous l'effet des traitements thermiques appliqués au cours de la pasteurisation à une température moyenne de 91.7 °C pour 20 minutes et de la stérilisation à une température moyenne de 95.1°C en 10 minutes. Le taux d'acidité augmente après la phase préchauffage et de filtration des jus à une température moyenne de 64.66°C pendant 20 minutes, après la phase de concentration à une température moyenne de 88.23°C durant 2 heures et sous l'effet des traitements thermiques appliqués au cours de la pasteurisation à une température moyenne de 91.7 °C pour 20 minutes et de la stérilisation à une température moyenne de 95.1°C en 10 minutes. Il est constaté l'effet inverse du processus technologique de fabrication du monoconcentré de tomate obtenu à partir des tomates des récoltes 2015, 2016 et 2017 sur la variation du pH et de l'acidité.

Les variations comparables du groupe composé des taux de Brix, d'acide ascorbique, d' α -tocophérol, de sucres réducteurs et des protéines montrent l'existence des relations entre eux. L'acide ascorbique, l' α -tocophérol, les protéines et les sucres réducteurs rentrent dans la composition du Brix. La similitude de la variation de l' α -tocophérol et de l'acide ascorbique est due aux effets des réactions de synergie qui existent entre eux (**Hazewindus and al., 2012**). La diminution du taux des sucres réducteurs au cours du phénomène de brunissement non enzymatique ou réaction de Maillard implique une réduction de l'acide ascorbique et de l' α -tocophérol (**Yen et al., 1987**).

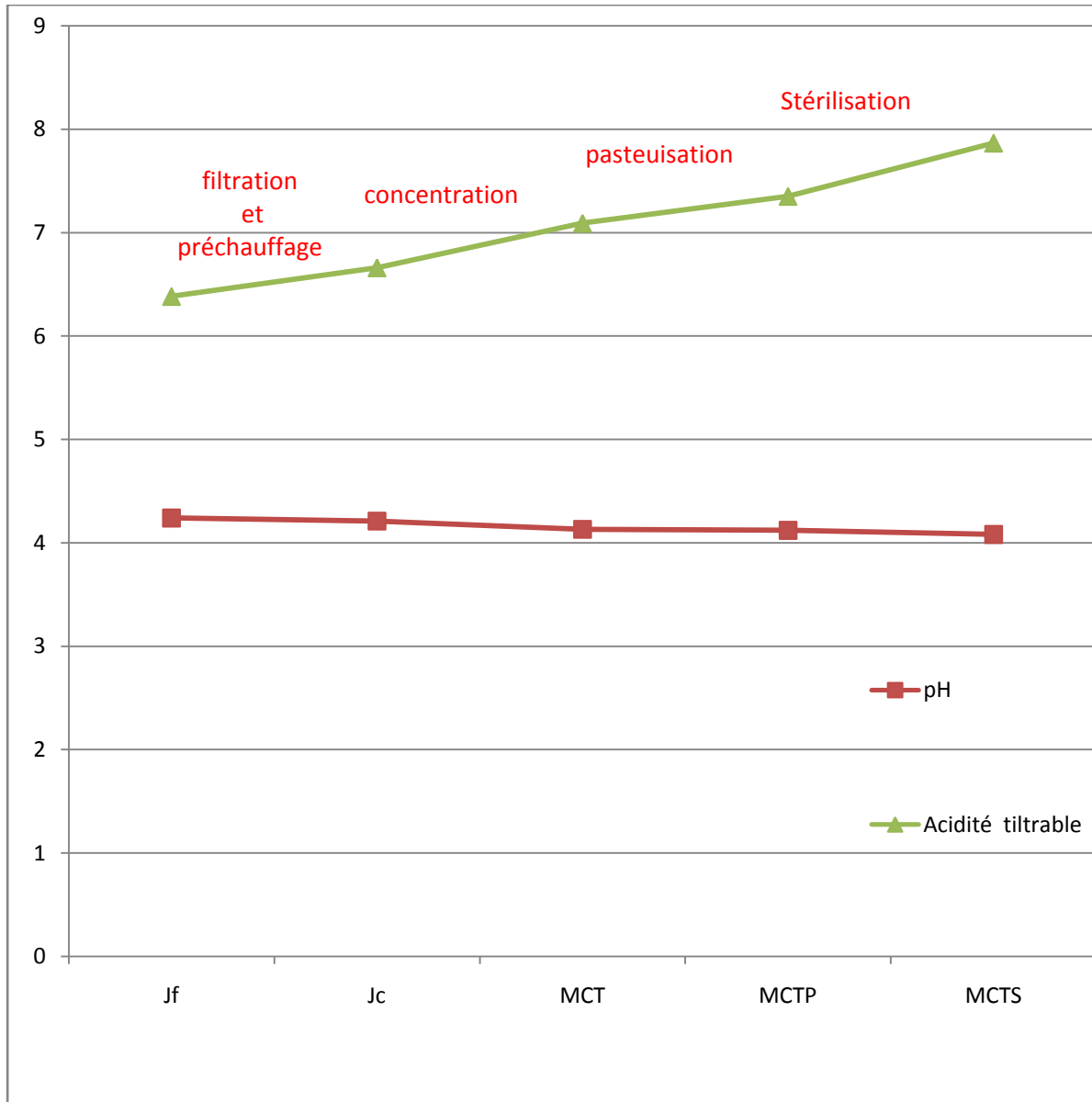


Figure N°7: Variations moyennes du taux de pH et de l'acidité titrable, en fonction des phases du processus technologique de production du monoconcentré de tomate provenant des tomates des récoltes 2015,2016 et 2017

Les variations comparables du groupe composé de lycopène, de β -carotène, de protéines, de la viscosité, du rapport des couleurs rouge sur jaune et de luminosité montrent l'existence des relations entre eux. L'intensité de la couleur rouge de la tomate et sa luminosité dépendent de la concentration en β -carotène et en lycopène (Kuo-Chiang Hsu, 2008; Patras et al., 2009). Les protéines fibreuses font partie des éléments responsables de la consistance et donc de la viscosité (Krebbbers et al., 2003; Magerramov et al., 2007; Tian Shaojun et al., 2005). Les complexes Lycopène—protéine et β -carotène – protéines se dissocient sous l'effet de la chaleur ce qui conduit à l'augmentation des taux de protéines, de β -carotène et de lycopène (Perez-coneza and al., 2009). Concernant le pH et l'acidité titrable, la libération des acides organiques tout au long du processus provoque la diminution du pH.

III. 2. Analyse de la variation des protéines de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate en fonction du processus technologique

III. 2. 1. Extraction des protéines de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate des récoltes 2015, 2016 et 2017 par les méthodes de Rocco et al., 2006, de Bencivenni et al., 2011, de Pascual et al., 2012, la méthode standard d'extraction des protéines végétales et par les méthodes d'extraction obtenues par les combinaisons

D'après les concentrations moyennes des protéines déterminées par spectrophotométrie à $\lambda = 660 \text{ nm}$ données dans le **tableau N°15**, il est observé que la concentration moyenne $1.076 \mu\text{g}/\mu\text{l}$ pour la tomate fraîche des récoltes 2015, 2016 et 2017 est obtenue avec les protéines extraites par la méthode d'extraction de Rocco et al., 2006. Ce résultat est comparable à celui trouvé par cette équipe de recherche. Leur travail est fait sur deux variétés de tomates fraîches cultivées en plein champs dans les conditions standards de culture au cours d'un cycle de croissance printemps – été, récoltées pendant l'été 2005 et conservées à -20°C jusqu'au moment des manipulations. $1.991 \mu\text{g}/\mu\text{l}$ obtenue avec les protéines extraites par la méthode d'extraction de Bencivenni et al., 2011 rejoint les travaux de cette même équipe de recherche réalisés sur 12 variétés de tomates fraîches cultivées en serre dans les conditions standards de culture au cours d'un cycle de croissance printemps – été, récoltées pendant l'été 2008 et congelées à -20°C jusqu'au moment de l'analyse protéomique. $1.395 \mu\text{g}/\mu\text{l}$ est la concentration déterminée avec les protéines extraites par la méthode d'extraction de Pascual et al., 2012.

Résultats de discussions

Tableau N°15: Concentrations moyennes déterminées par spectrophotométrie à $\lambda=660$ nm des protéines extraites de tomate fraîche et du monoconcentré de tomate des récoltes 2015,2016 et 2017 selon les différentes méthodes utilisées

Echantillons	Méthodes d'extraction	Concentrations moyennes
Tomate fraîche	Méthode de Rocco et al 2006	1.076 ($\mu\text{g}/\mu\text{l}$)
Monoconcentré de tomate	avec broyage des produits dans l'azote liquide	0.001 ($\mu\text{g}/\mu\text{l}$)
Tomate fraîche	Méthode de Bencievni et al 2011	1.991 ($\mu\text{g}/\mu\text{l}$)
Monoconcentré de tomate	avec broyage des produits dans l'azote liquide	0.001 ($\mu\text{g}/\mu\text{l}$)
Tomate fraîche	Méthode de Pascual et al 2012	1.395 ($\mu\text{g}/\mu\text{l}$)
Monoconcentré de tomate	avec broyage des produits dans l'azote liquide	0.001($\mu\text{g}/\mu\text{l}$)
Tomate fraîche	Méthode standard d'extraction des protéines végétales	2.161($\mu\text{g}/\mu\text{l}$)
Monoconcentré de tomate	avec broyage des produits dans l'azote liquide	0.001 ($\mu\text{g}/\mu\text{l}$)
Tomate fraîche	Méthode de Rocco et al 2006 avec	1.090 ($\mu\text{g}/\mu\text{l}$)
Monoconcentré de tomate	lyophilisation des produits	1.001 ($\mu\text{g}/\mu\text{l}$)
Tomate fraîche	Méthode de Bencievni et al 2011 avec	1.998 ($\mu\text{g}/\mu\text{l}$)
Monoconcentré de tomate	lyophilisation des produits	0.001 ($\mu\text{g}/\mu\text{l}$)
Tomate fraîche	Méthode de Pascual et al 2012	1.450 ($\mu\text{g}/\mu\text{l}$)
Monoconcentré de tomate	avec lyophilisation des produits	0.001($\mu\text{g}/\mu\text{l}$)
Tomate fraîche	Méthode standard d'extraction des protéines végétales avec lyophilisation des produits	2.180($\mu\text{g}/\mu\text{l}$)
Monoconcentré de tomate		0.001 ($\mu\text{g}/\mu\text{l}$)
Combinaison des méthodes		
Tomate fraîche	Méthode obtenue par combinaison des 3 étapes de la méthode de Pascual et al 2012 et les 2	2.640 ($\mu\text{g}/\mu\text{l}$)
Monoconcentré de tomate	étapes de la méthode de Bencievni et al 2011	1.249 ($\mu\text{g}/\mu\text{l}$)
Tomate fraîche	Méthode obtenue par combinaison entre les méthodes de Pascual et al 2012., Bencievni	3.110 ($\mu\text{g}/\mu\text{l}$)
Monoconcentré de tomate	et al .,2011 et la méthode standard d'extraction des protéines végétales)	1.269($\mu\text{g}/\mu\text{l}$)

Résultats de discussions

Ce résultat est comparable à ceux obtenus par ces chercheurs. Ces derniers ont analysé 23 variétés de tomates fraîches cultivées en serre dans les conditions standards de culture au cours d'un cycle de croissance printemps – été, récoltées pendant l'été 2010 et congelées à -20°C jusqu'au moment de l'étude protéomique. $2.161\ \mu\text{g}/\mu\text{l}$ obtenue avec les protéines extraites par la méthode standard d'extraction des protéines d'origine végétale représente le double de celles déterminées par les méthodes d'extractions de Rocco et al., 2006, de Bencievni et al., 2011 et de Pascual et al., 2012. L'urée utilisé comme un agent chaotrope réduit la structure spatiale des biomolécules et les dénature en les dépliant par rupture des interactions non covalentes et en rendant tous les groupes ionisables accessibles. La combinaison entre l'urée et le thiourée améliore la solubilisation des protéines. Le CHAPS (extractant chimique) agit sur la solubilisation des lipides membranaires et libère les protéines. La présence des protéines intracellulaires dans le milieu d'extraction rend la solubilisation meilleure. Pour le monoconcentré de tomate $0.001\ \mu\text{g}/\mu\text{l}$ obtenue avec les protéines extraites par les méthodes d'extractions de Rocco et al., 2006, de Bencievni et al., 2011, de Pascual et al., 2012 et par la méthode standard d'extraction des protéines d'origine végétale montre que ces méthodes d'extractions utilisées avec succès pour la tomate fraîche ne donnent pas de résultats pour le monoconcentré de tomate. Certaines protéines se lient à des molécules non protidiques et forment des complexes difficiles à extraire résistants aux traitements mécaniques et thermiques durant le processus technologique en Hot-Break et en chaîne continue. Après lyophilisation de la tomate fraîche, les concentrations moyennes des protéines $1.090\ \mu\text{g}/\mu\text{l}$, $1.998\ \mu\text{g}/\mu\text{l}$, $1.450\ \mu\text{g}/\mu\text{l}$ et $2,180\ \mu\text{g}/\mu\text{l}$ sont obtenues par les méthodes de Rocco et al., 2006, de Bencievni et al., 2011, de Pascual et al., 2012 et par la méthode standard d'extraction des protéines d'origine végétale respectivement. Pour le monoconcentré $1.001\ \mu\text{g}/\mu\text{l}$ est obtenue par les méthodes d'extractions de Rocco et al., 2006, de Bencievni et al., 2011, de Pascual et al., 2012 et la méthode standard d'extraction des protéines d'origine végétale. La lyophilisation et le broyage dans l'azote liquide donnent les mêmes résultats pour la tomate fraîche et le monoconcentré de tomate. Le broyage dans l'azote liquide est de quelques minutes tandis que la lyophilisation dure une nuit. Le broyage à l'azote liquide est choisi comme prétraitement pour la récupération des poudres de tomate fraîche et de monoconcentré de tomate. $2.640\ \mu\text{g}/\mu\text{l}$ est la concentration déterminée après extraction des protéines de la tomate fraîche par la méthode obtenue par combinaison de trois étapes de la méthode de Pascual et al., 2012 (Etape 1: Solubilisation des poudres de tomate fraîche et du monoconcentré de tomate dans le PBS, Etape2: Agitation pendant 15 minutes à 4°C ,

Etape3: Centrifugation à 7000g durant 40 minutes à 4°C) et les deux étapes de la méthode de Bencievanni et al., 2011 (Etape 1: Précipitation des poudres de tomate fraîche et du monoconcentré de tomate dans l'acétone froid pendant une nuit à -20°C, Etape2: Lavage des culots 2 fois avec de l'acétone froid et une fois avec de l'acétone froid diéthyléther (1:1)). Cette concentration supérieur à celle obtenue par la méthode standard d'extraction des protéines d'origine végétale représente le double des concentrations des protéines déterminées par les méthodes de Rocco et al., 2006, de Bencievanni et al., 2011 et la méthode de Pascual et al., 2012. Par rapport au monoconcentré de tomate, 1.249 µg/µl est trouvée par la méthode d'extraction obtenue par combinaison de trois étapes de la méthode de Pascual et al., 2012 (Etape 1: Solubilisation des poudres de tomate fraîche et du monoconcentré de tomate dans le PBS, Etape 2: Agitation pendant 15 minutes à 4°C, Etape 3: Centrifugation à 7000g durant 40 minutes à 4°C) et les deux étapes de la méthode de Bencievanni et al., 2011 (Etape 1: Précipitation des poudres de tomate fraîche et du monoconcentré de tomate dans l'acétone froid pendant une nuit à -20°C, Etape2: Lavage des culots 2 fois avec de l'acétone froid et une fois avec de l'acétone froid diéthyléther (1:1)). 3.110 µg/µl est donnée par la méthode d'extraction obtenue par combinaison des trois étapes de la méthode de Pascual et al., 2012 (Etape 1: Solubilisation des poudres de tomate fraîche et du monoconcentré de tomate dans le PBS, Etape 2: agitation pendant 15 minutes à 4°C, Etape 3: centrifugation à 7000g durant 40 minutes à 4°C), les deux étapes de la méthode de Bencievanni et al., 2011 (Etape 1: Précipitation des poudres de tomate fraîche et du monoconcentré de tomate dans l'acétone froid pendant une nuit à -20°C, Etape 2: Lavage des culots 2 fois avec de l'acétone froid et une fois avec de l'acétone froid diéthyléther (1:1)) et l'étape de la méthode standard d'extraction des protéines végétales (resolubilisation des culots dans la solution de DLA). Cette concentration est supérieur à celles déterminée par la méthode standard d'extraction des protéines d'origine végétale et la méthode d'extraction obtenue par combinaison des trois étapes de la méthode de Pascual et al., 2012 et les deux étapes de la méthode de Bencievanni et al., 2011. Elle est égale au triple des concentrations des protéines mises en évidence par les méthodes de Rocco et al., 2006, de Bencievanni et al., 2011 et la méthode de Pascual et al., 2012. 1.269 µg/µl des protéines du monoconcentré de tomate est obtenue par la méthode d'extraction composée par combinaison des trois étapes de la méthode de Pascual et al., 2012, les deux étapes de la méthode de Bencievanni et al., 2011 et l'étape de la méthode d'extraction des protéines d'origine végétale.

Cette concentration est supérieure à celle déterminée après extraction des protéines par la méthode obtenue par combinaison des trois étapes de la méthode de Pascual et al., 2012 et les deux étapes de la méthode de Bencievanni et al., 2011. L'extractant chimique (CHAPS) utilisé pour resolubiliser les protéines précipitées dans l'acétone froid est plus puissant que la solution saline tamponnée au phosphate (PBS).

III. 2. 2. Effets de paramètres physicochimiques sur l'extraction des protéines de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate des récoltes 2015, 2016 et 2017 par la méthode mise au point

La solubilisation dans la solution saline tamponnée au phosphate (PBS) est la première étape dans la méthode d'extraction mise au point des protéines de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate des récoltes 2015, 2016 et 2017. Elle a pour but de transférer l'essentiel des protéines vers une phase aqueuse choisie de façon à favoriser la libération des protéines. Cette opération a une importance capitale puisqu'elle conditionne fortement le rendement de la récupération protéique. L'objectif est de déterminer les meilleures conditions opératoires pour la solubilisation du maximum de protéines. Il est étudié l'effet de la sonication, du pH, de la température et de la durée d'extraction. D'après le **tableau N°16**, les concentrations moyennes des protéines de la tomate fraîche des récoltes 2015, 2016 et 2017 extraites par la méthode mise au point obtenue par combinaison des trois étapes de la méthode de Pascual et al., 2012 (Etape 1: Solubilisation des poudres de tomate fraîche et du monoconcentré de tomate dans le PBS, Etape 2: Agitation pendant 15 minutes à 4°C, Etape 3: Centrifugation à 7000g durant 40 minutes à 4°C), les deux étapes de la méthode de Bencievanni et al., 2011 (Etape 1: Précipitation des poudres de tomate fraîche et du monoconcentré de tomate dans l'acétone froid pendant une nuit à -20°C, Etape 2: Lavage des culots 2 fois avec de l'acétone froid et une fois avec de l'acétone froid diéthyléther (1:1)) et l'étape de la méthode standard d'extraction des protéines végétales (Resolubilisation des culots dans la solution de DLA) avec et sans sonication sont 3.106 µg/µl et 3.701 µg/µl respectivement. Par rapport au monoconcentré de tomate, les concentrations moyennes des protéines avec et sans sonication sont successivement 1.256 µg/µl et 1.400 µg/µl. La sonication consiste en la destruction des cellules par les ultrasons. La lyse cellulaire dégrade la paroi cellulaire et libère les protéines membranaires ce qui explique l'augmentation de la concentration.

Tableau N°16: Influence de la sonication sur l'extraction des protéines de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate des récoltes 2015, 2016 et 2017 réalisée par la méthode mise au point par combinaison de certaines étapes des méthodes de Pascual et al., 2012, Bencievanni et al., 2011 et la méthode standard d'extraction des protéines végétales

Echantillons	Années de récolte	Concentrations des protéines extraites sans sonication	Concentrations des protéines extraites avec sonication
Tomate fraîche	2015	3.120 (µg/µl)	3.700 (µg/µl)
Tomate fraîche	2016	3.098 (µg/µl)	3.720 (µg/µl)
Tomate fraîche	2017	3.100 (µg/µl)	3.685 (µg/µl)
Moyennes des concentrations		3.106 (µg/µl)	3.701 (µg/µl)
Monoconcentré de tomate	2015	1.260 (µg/µl)	1.400 (µg/µl)
Monoconcentré de tomate	2016	1.250 (µg/µl)	1.420 (µg/µl)
Monoconcentré de tomate	2017	1.258 (µg/µl)	1.380 (µg/µl)
Moyennes des concentrations		1.256 (µg/µl)	1.400 (µg/µl)

La figure N°8 représente la variation de la concentration moyenne des protéines de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate en fonction du pH. L'effet du pH sur la concentration moyenne des protéines est étudié entre pH = 4 et pH = 9. A des pH supérieur à 9 ou inférieur à 4, la majorité des protéines sont dénaturées sous l'effet du pH (**Cheftel et al., 1985**). Aux pH extrêmes, de fortes répulsions électrostatiques ont lieu entre les groupes ionisés au sein des protéines, ce qui favorise la dénaturation de ces macromolécules. Les concentrations moyennes des protéines de la tomate fraîche extraites selon la méthode d'extraction mise au point sont 1.100 µg/µl à pH = 4, 1.300 µg/µl à pH = 5, 2.000 µg/µl à pH = 6, 2.200 µg/µl à pH = 7, 2.700 µg/µl à pH = 8 et 2.500 µg/µl à pH = 9. Il est constaté que la concentration maximale des protéines de la tomate fraîche est à pH = 8. Pour le monoconcentré de tomate, les concentrations moyennes des protéines sont 0.200 µg/µl à pH = 4, 1.01 µg/µl à pH = 5, 1.03 µg/µl à pH = 6, 1.05 µg/µl à pH = 7, 1.200 µg/µl à pH = 8 et 1.100 µg/µl à pH = 9. La concentration maximale des protéines du monoconcentré de tomate est à pH = 8. **La figure N°9** représente la variation de la concentration moyenne des protéines de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate des récoltes 2015, 2016 et 2017 en fonction du temps d'extraction à 4°C. Les concentrations moyennes des protéines de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate sont successivement 3,100 µg/µl et 2.250 µg/µl pendant 15, 30 et 60 minutes d'extraction à 4°C. **La figure N°10** représente la variation de la concentration moyenne des protéines de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate des récoltes 2015, 2016 et 2017 en fonction de la température de chauffage. Les concentrations moyennes des protéines de la tomate fraîche sont 1.400 µg/µl à 20°C pendant 15, 30 et 60 minutes, 2.700 µg/µl à 30°C pendant 15, 30 et 60 minutes, 4.500 µg/µl à 40°C pendant 15, 30 et 60 minutes, 3.20 µg/µl à 50°C pendant 15, 30 et 60 minutes et 2.100 µg/µl à 60° pendant 15, 30 et 60 minutes. Pour le monoconcentré de tomate, les concentrations moyennes des protéines sont 0.100 µg/µl à 20°C pendant 15, 30 et 60 minutes, 1.300 µg/µl à 30°C pendant 15, 30 et 60 minutes, 1.700 µg/µl à 40°C pendant 15, 30 et 60 minutes, 1.250 µg/µl à 50°C pendant 15, 30 et 60 minutes et 1.200 µg/µl à 60°C pendant 15, 30 et 60 minutes. Chaque concentration moyenne des protéines de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate des récoltes 2015, 2016 et 2017 est stable à 20°C, 30°C, 40°C, 50°C et 60°C pendant 15, 30 et 60 minutes. Il est constaté que les concentrations maximales des protéines extraites de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate sont déterminées à 40°C.

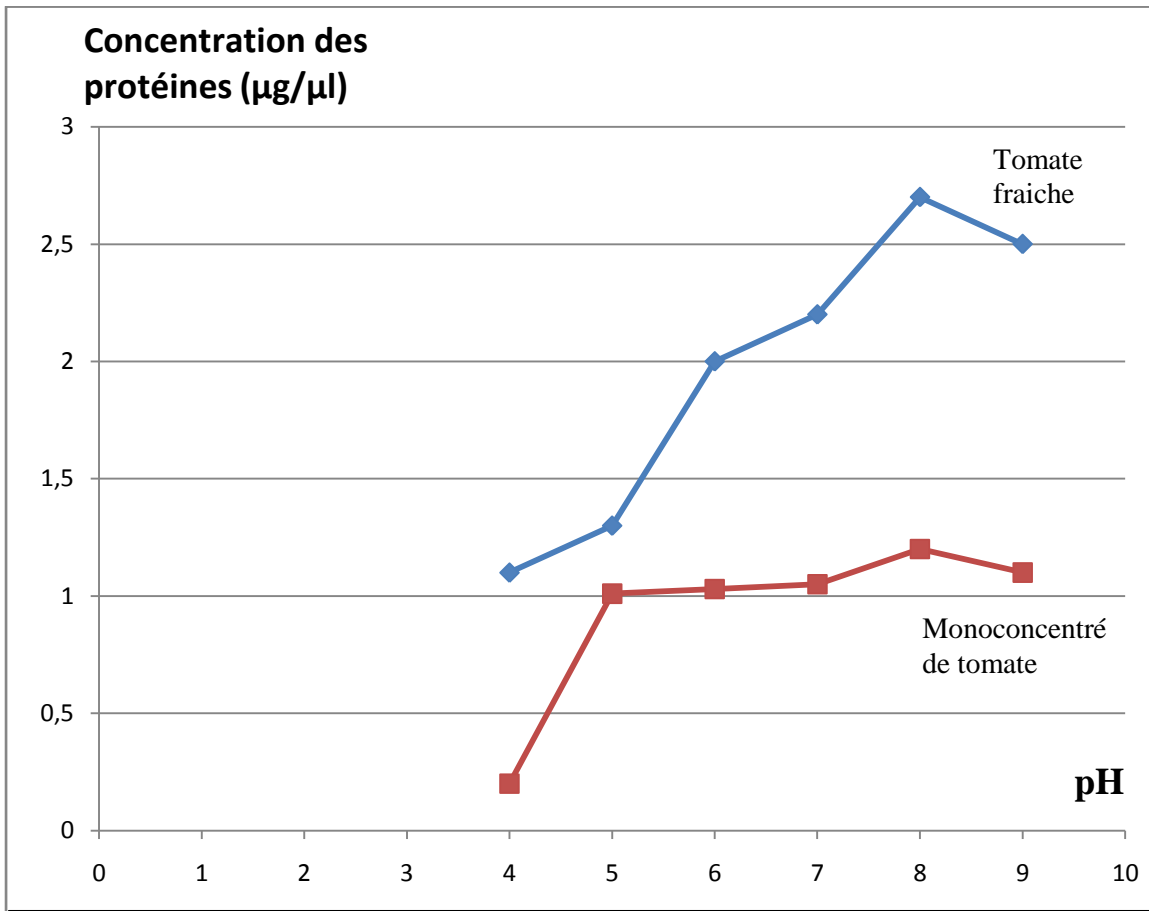


Figure N°8: Variations des concentrations moyennes des protéines extraites de la tomate fraiche et du monoconcentré de tomate par la méthode mise au point obtenue par combinaison des méthodes de Pascual et al., 2012, Bencievanni et al., 2011 et la méthode standard d'extraction des protéines végétales en fonction du pH

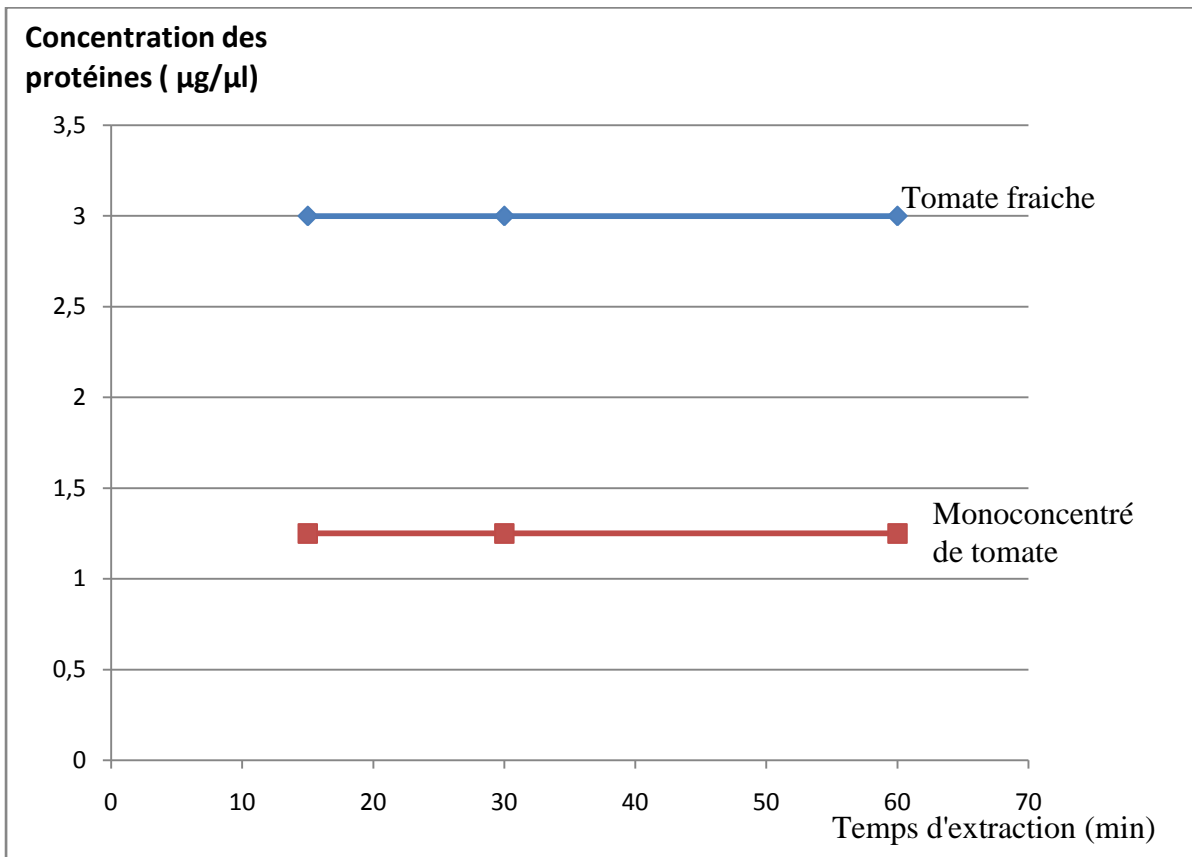


Figure N°9: Variations des concentrations moyennes des protéines extraites de la tomate fraiche et du monoconcentré de tomate par la méthode mise au point obtenue par combinaison des méthodes de Pascual et al .,2012, Bencievni et al., 2011 et la méthode standard d'extraction des protéines végétales en fonction du temps d'extraction

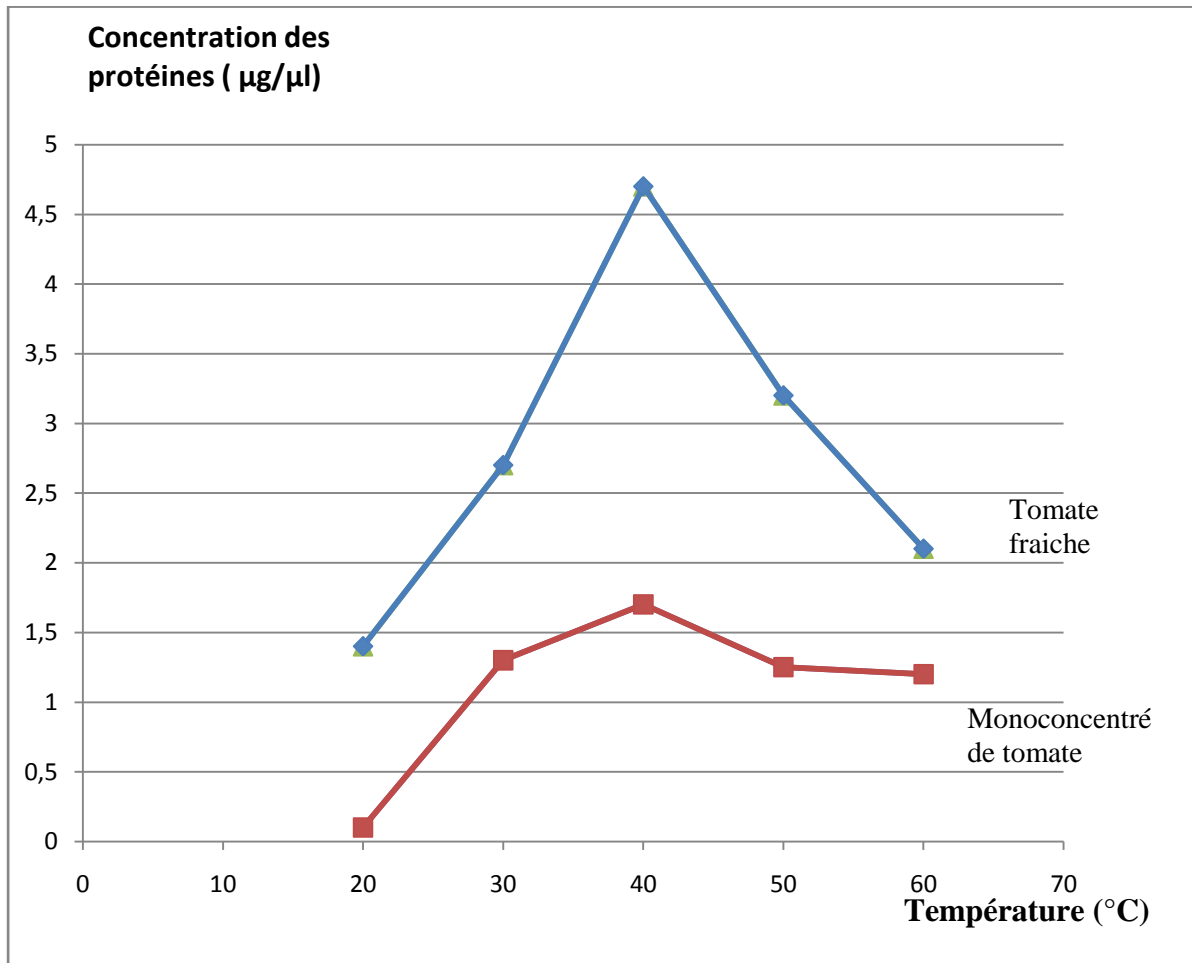


Figure N°10: Variations des concentrations moyennes des protéines extraites de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate par la méthode mise au point obtenue par combinaison des méthodes de Pascual et al., 2012, Bencievanni et al., 2011 et la méthode standard d'extraction des protéines végétales en fonction de la température

III. 2. 3. Mise au point de la méthode d'extraction du maximum de protéines de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate des récoltes 2015, 2016 et 2017

La figure N°11 montre le diagramme d'extraction des protéines de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate des récoltes 2015, 2016 et 2017 par la méthode obtenue par combinaison des méthodes de Pascual et al., 2012, de Bencievanni et al., 2011 et la méthode standard d'extraction des protéines végétales avec sonication 10 x 10 pulses à pH=8 et à 40°C pendant 15 min. D'après le **tableau N°17**, il est révélé que les concentrations moyennes des protéines extraites de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate des récoltes 2015, 2016 et 2017 par la méthode obtenue par combinaison des méthodes de Pascual et al., 2012, de Bencievanni et al., 2011 et la méthode standard d'extraction des protéines végétales avec sonication 10 x 10 pulses à pH=8 et à 40°C pendant 15 min sont 5.41 µg/µl et 2.243 µg/µl respectivement. La majorité des études réalisées jusqu'à présent se sont intéressées à l'extraction des protéines de la tomate fraîche. Aucun protocole expérimental concernant l'extraction des protéines du monoconcentré de tomate n'est rapporté par la littérature. La concentration des protéines extraites de la tomate fraîche par la méthode mise au point est 4 fois supérieure à celles données par Rocco et al., 2006, Bencievanni et al., 2011 et Pascual et al., 2012. Elle est le double des concentrations moyennes des protéines extraites de la tomate fraîche par la méthode standard d'extraction des protéines d'origine végétale et la méthode obtenue par combinaison entre les trois étapes de la méthode de Pascual et al., 2012 (Etape 1: Solubilisation des poudres de tomate fraîche et du monoconcentré de tomate dans le PBS, Etape 2: Agitation pendant 15 minutes à 4°C, Etape 3: Centrifugation à 7000g durant 40 minutes à 4°C) et les deux étapes de la méthode de Bencievanni et al., 2011 (Etape 1: Précipitation des poudres de tomate fraîche et du monoconcentré de tomate dans l'acétone froid pendant une nuit à -20°C, Etape 2: Lavage des culots 2 fois avec de l'acétone froid et une fois avec de l'acétone froid diéthylique (1:1)). Pour le monoconcentré de tomate des récoltes 2015, 2016 et 2017, les méthodes de Rocco et al., 2006, de Bencievanni et al., 2011, de Pascual et al., 2012 et la méthode standard d'extraction des protéines d'origine végétale avec broyage dans l'azote liquide et avec lyophilisation n'ont pas permis l'extraction de protéines.

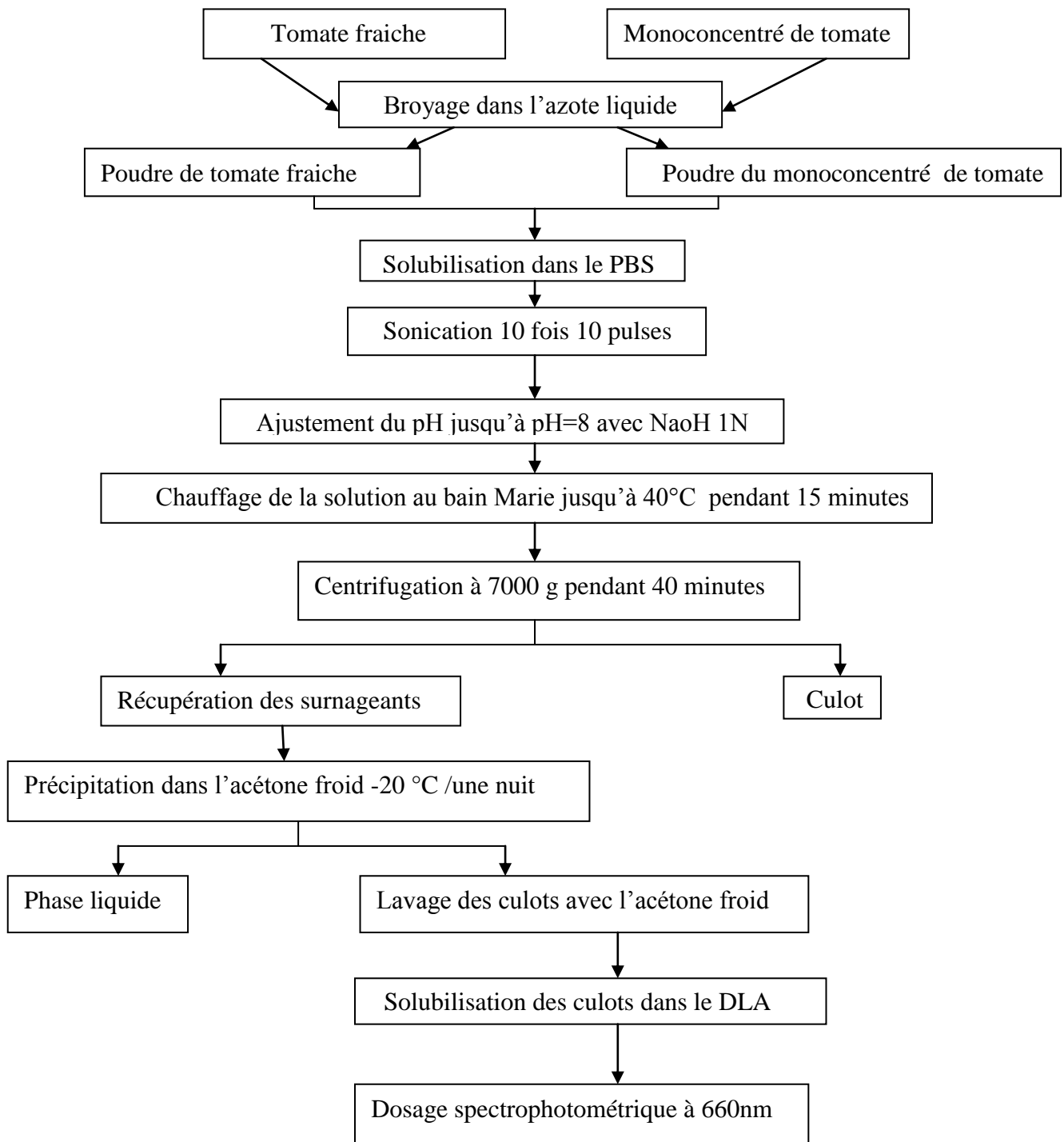


Figure N°11: Diagramme d'extraction des protéines de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate des récoltes 2015, 2016 et 2017 avec sonication 10 x 10 pulses à pH=8 et à 40°C pendant 15 minutes.

Tableau N°17: Concentrations moyennes des protéines extraites de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate des récoltes 2015, 2016 et 2017 par la méthode mise au point obtenue par combinaison des méthodes de Pascual et al .,2012, Bencievanni et al., 2011 et la méthode standard d'extraction des protéines végétales

Echantillons	Années de récoltes	Concentrations	Moyennes
Tomate fraîche	2015	5.520 (µg/µl)	5.41 (µg/µl)
Tomate fraîche	2016	5.510 (µg/µl)	
Tomate fraîche	2017	5.200 (µg/µl)	
Monoconcentré de tomate	2015	2.300 (µg/µl)	2.243 (µg/µl)
Monoconcentré de tomate	2016	2.230 (µg/µl)	
Monoconcentré de tomate	2017	2.200 (µg/µl)	

La concentration moyenne des protéines extraites du monoconcentré de tomate des récoltes 2015, 2016 et 2017 par la méthode mise au point est le double de la concentration moyenne des protéines du monoconcentré de tomate déterminée par la méthode obtenue par combinaison entre les trois étapes de la méthode de Pascual et al., 2012 (Etape 1: Solubilisation des poudres de tomate fraîche et du monoconcentré de tomate dans le PBS, Etape 2: Agitation pendant 15 minutes à 4°C, Etape 3: Centrifugation à 7000g durant 40 minutes à 4°C) et les deux étapes de la méthode de Bencievanni et al., 2011 (Etape 1: Précipitation des poudres de tomate fraîche et du monoconcentré de tomate dans l'acétone froid pendant une nuit à -20°C, Etape 2: Lavage des culots 2 fois avec de l'acétone froid et une fois avec de l'acétone froid diéthyléther (1:1)). La comparaison des taux de protéines calculés en amont et en aval du processus technologique en chaîne continue et en Hot-Break de fabrication du monoconcentré de tomate montre une différence de 3.167 µg/µl de protéines. Cette perte de protéines est expliquée par l'élimination de la peau et des graines lors de l'étape de filtration effectuée au cours du processus technologique. Selon les travaux de **Tsatsaronis et Boskou (1975)**; **Carlson et autres (1981)** ; **Geisman (1981)** ; **Latlief et Kornorr (1983)** ; **Sogi et Bawa (1998)**, ces parties du fruit contiennent de 22,2 à 33,9% de protéines. La méthode mise au point permet d'obtenir le maximum de protéines pour la tomate fraîche et le monoconcentré de tomate des récoltes 2015, 2016 et 2017. Elle est choisie pour la séparation des protéines de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate par électrophorèse mono et bidimensionnelle sur gel de polyacrylamide.

III. 2. 4. Variations des protéines de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate en fonction du processus technologique en Hot-Break et en chaîne continue

III. 2. 4. 1. Electrophorèse monodimensionnelle sur gel de polyacrylamide en sodium dodécyl sulfate (SDS-PAGE) des protéines extraites de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate de la récolte 2015 par les méthodes de Rocco et al., 2006, de Bencievanni et al., 2011, de Pascual et al., 2012 et par la méthode standard d'extraction des protéines d'origine végétale

La figure N°12 représente les diagrammes électrophorétiques des protéines extraites de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate de la récolte 2015 par les méthodes de Rocco et al., 2006, Bencievanni et al., 2011, Pascual et al., 2012 et la méthode standard d'extraction des protéines végétales.

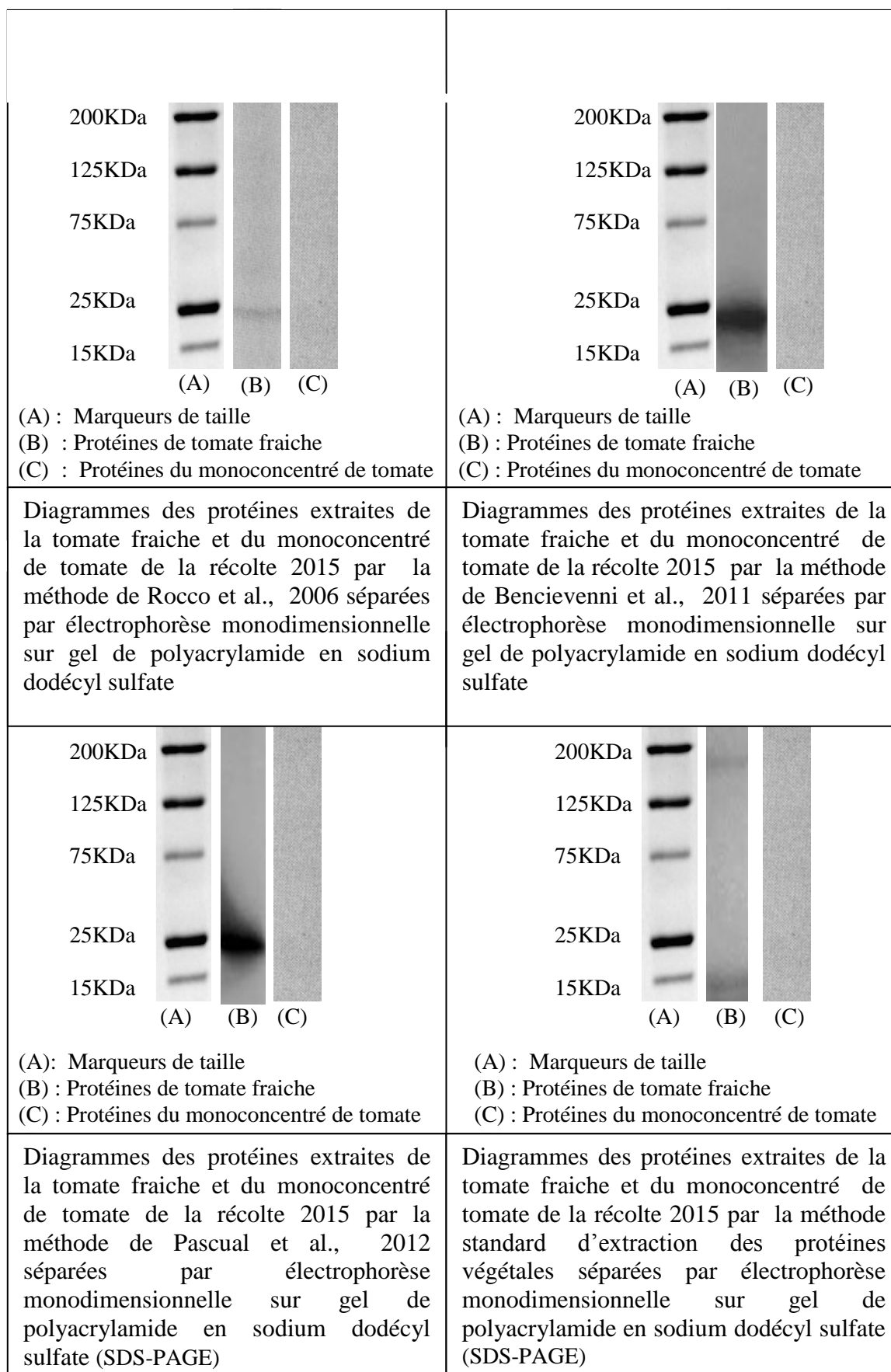


Figure N°12: Diagrammes électrophorétiques des protéines extraites de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate de la récolte 2015 par les méthodes de Rocco et al, 2006, Bencievanni et al., 2011, Pascual et al ., 2012 et la méthode standard d'extraction des protéines végétales séparées par électrophorèse monodimensionnelle (SDS-PAGE)

Les marqueurs de taille utilisés ont des masses moléculaires variant de 15 kDa à 200 kDa. Les diagrammes électrophorétiques des protéines extraites de la tomate fraîche de la récolte 2015 par les méthodes de Rocco et al., 2006, de Bencievanni et al., 2011 et par la méthode de Pascual et al., 2012 montrent une seule bande de $M_r \approx 25$ KDa. Pour les protéines extraites par la méthode standard d'extraction des protéines d'origine végétale il est révélé deux bandes électrophorétiques de $M_r \approx 15$ KDa et M_r proche de 200 KDa. La résolution des bandes électrophorétiques n'est pas de bonne qualité. Concernant le monoconcentré de tomate aucune bande électrophorétique n'est révélée. Il est confirmé les résultats du dosage des protéines par spectrophotométrie à $\lambda = 660$ nm.

III. 2. 4. 2. Electrophorèse monodimensionnelle sur gel de polyacrylamide en sodium dodécyl sulfate (SDS-PAGE) des protéines extraites de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate de la récolte 2015 par la méthode obtenue par combinaison des méthodes de Pascual et al., 2012 et de Bencievanni et al., 2011 et celle obtenue par combinaison des méthodes de Pascual et al., 2012, de Bencievanni et al., 2011 et la méthode standard d'extraction des protéines d'origine végétale

La figure N°13 représente les diagrammes électrophorétiques des protéines extraites de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate de la récolte 2015 par la méthode obtenue par combinaison des méthodes de Bencievanni et al., 2011 et de Pascual et al., 2012 et celle obtenue par combinaison des méthodes de Bencievanni et al., 2011, de Pascual et al., 2012 et la méthode standard d'extraction des protéines d'origine végétale. Les marqueurs de taille utilisés ont des masses moléculaires de 15 kDa à 200 kDa. Le diagramme électrophorétique des protéines extraites de la tomate fraîche de la récolte 2015 par la méthode obtenue par combinaison des méthodes de Bencievanni et al., 2011 et de Pascual et al., 2012 montre une bande de $M_r < 15$ KDa et une autre de $M_r < 25$ KDa. Le diagramme électrophorétique des protéines extraites par la méthode obtenue par combinaison des méthodes de Bencievanni et al., 2011, Pascual et al., 2012 et la méthode standard d'extraction des protéines d'origine végétale montre quatre bandes de $M_r \approx 15$ KDa, $M_r \approx 25$ KDa, $M_r > 25$ KDa et $M_r > 125$ KDa. Pour le monoconcentré de tomate, le diagramme électrophorétique des protéines extraites par la méthode obtenue par combinaison des méthodes de Bencievanni et al., 2011 et de Pascual et al., 2012 montre une seule bande de $M_r > 15$ KDa. Pour les protéines extraites selon la méthode obtenue par combinaison des

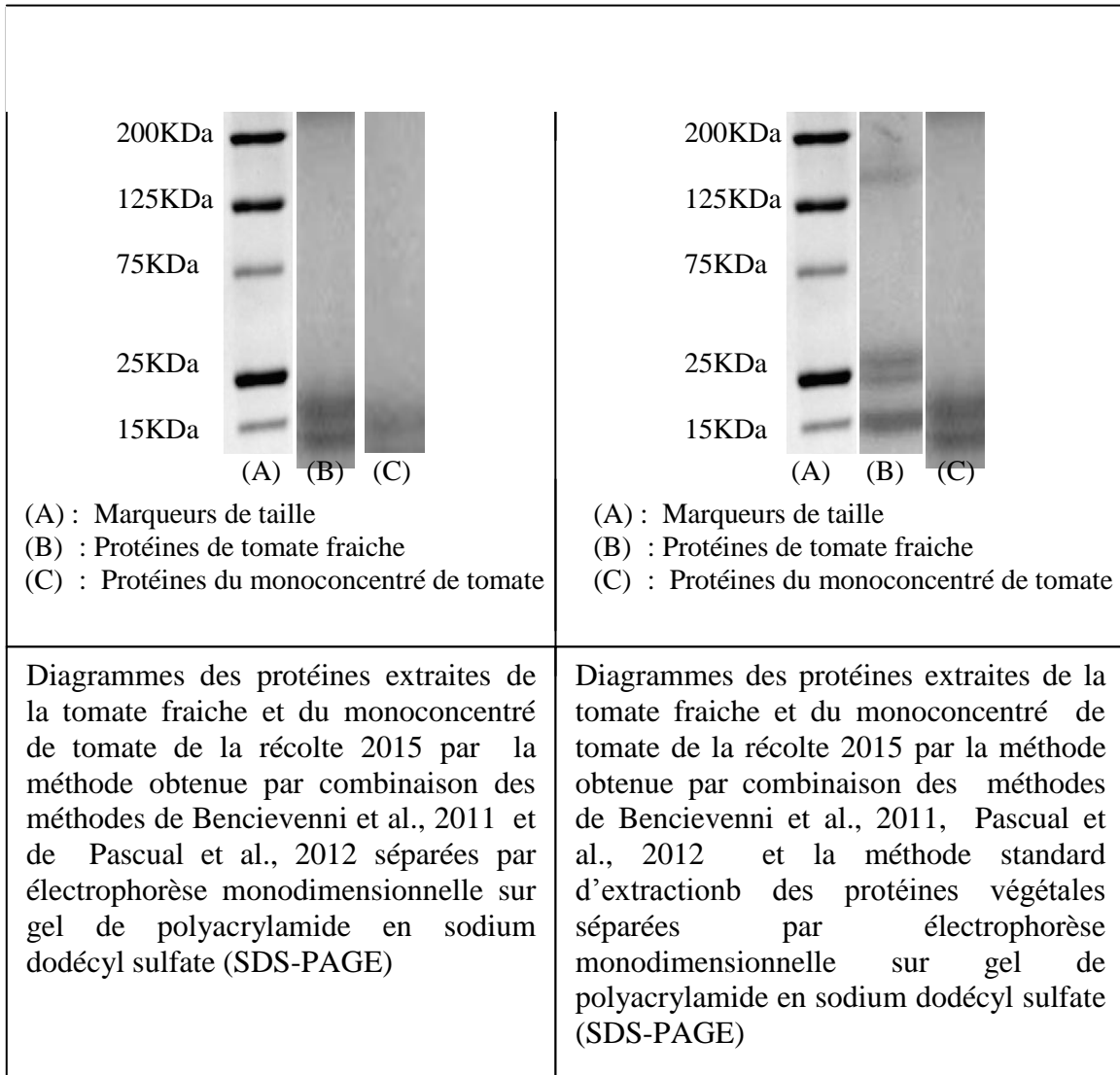


Figure N°13: Diagrammes électrophorétiques des protéines extraites de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate de la récolte 2015 par la méthode obtenue par combinaison des méthodes de Bencieveni et al., 2011 et de Pascual et al., 2012 et celle obtenue par combinaison des méthodes de Bencieveni et al., 2011, Pascual et al., 2012 et la méthode standard d'extraction des protéines végétales séparées par électrophorèse monodimensionnelle sur gel de polyacrylamide en sodium dodécyl sulfate(SDS-PAGE)

méthodes Bencieveni et al., 2011, de Pascual et al., 2012 et la méthode de standard d'extraction des protéines d'origine végétale, il est distingué deux bandes électrophorétiques de $M_r < 15$ KDa et $M_r > 15$ KDa. Ces résultats confirment ceux obtenus par spectrophotométrie à $\lambda = 660$ nm. La méthode obtenue par combinaison des méthodes de Bencieveni et al., 2011 et de Pascual et al., 2012 permettent l'extraction des protéines de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate de la récolte 2015. La méthode obtenue par combinaison des méthodes de Bencieveni et al., 2011, de Pascual et al., 2012 et la méthode standard d'extraction des protéines d'origine végétale permettent une meilleur extraction des protéines de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate de la récolte 2015.

III. 2. 4. 3. Electrophorèse bidimensionnelle sur gel de polyacrylamide des protéines extraites de la tomate fraîche de la récolte 2015 par les méthodes de Rocco et al., 2006, de Bencieveni et al., 2011, de Pascual et al., 2012 et la méthode standard d'extraction des protéines d'origine végétale

La figure N°14 représente les cartes des protéines extraites de la tomate fraîche de la récolte 2015 par les méthodes de Rocco et al., 2006, de Bencieveni et al., 2011, de Pascual et al., 2012 et la méthode standard d'extraction des protéines d'origine végétale. La carte des protéines extraites de la tomate fraîche de la récolte par la méthode de Rocco et al., 2006 2015 montre deux spots de faibles M_r et des pH_i basiques. Les cartes des protéines extraites de la tomate fraîche de la récolte 2015 par les méthodes de Bencieveni et al., 2011 et de Pascual et al., 2012 révèlent la répartition de quatre spots de faibles M_r et des pH_i neutres et basiques. La carte des protéines extraites de la tomate fraîche de la récolte 2015 par la méthode standard d'extraction des protéines d'origine végétale montre trois spots de faibles M_r et des pH_i acides et basiques proches de la neutralité et un spot de haute M_r et de pH_i basique proche de la neutralité. Les quatre cartes des protéines extraites de la tomate de la récolte 2015 par les méthodes de Rocco et al., 2006, de Bencieveni et al., 2011, de Pascual et al., 2012 et par la méthode standard d'extraction des protéines d'origine végétale obtenus après séparation par électrophorèse bidimensionnelle ne sont pas de bonne qualité.

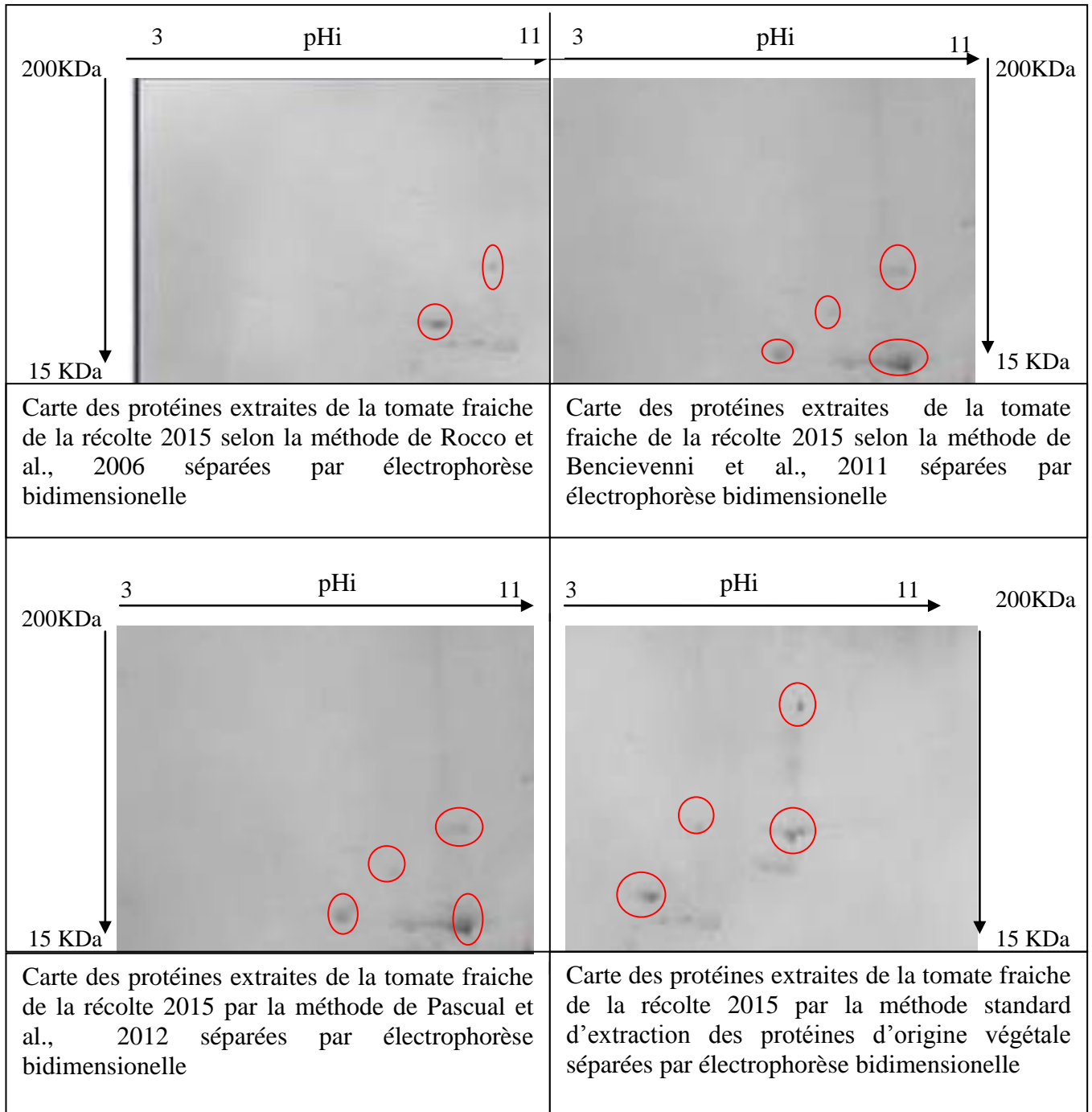


Figure N°14: Cartes des protéines extraites de la tomate fraiche de la récolte 2015 par les méthodes de Rocco et al, 2006, de Bencievanni et al., 2011, de Pascual et al., 2012 et par la méthode standard d'extraction des protéines végétales séparées par électrophorèse bidimensionnelle

III. 2. 4. 4. Electrophorèse bidimensionnelle sur gel de polyacrylamide des protéines extraites de la tomate fraîche de la récolte 2015 par la méthode obtenue par combinaison des méthodes de Pascual et al., 2012 et de Bencievanni et al., 2011 et celle obtenue par combinaison des méthodes de Pascual et al., 2012, de Bencievanni et al., 2011 et la méthode standard d'extraction des protéines d'origine végétale

La figure N°15 représente les cartes des protéines extraites de la tomate fraîche de la récolte 2015 par la méthode obtenue par combinaison des méthodes de Bencievanni et al., 2011 et de Pascual et al., 2012 et celle obtenue par combinaison des méthodes de Bencievanni et al., 2011, de Pascual et al., 2012 et la méthode standard d'extraction des protéines d'origine végétale. La carte des protéines extraites de la tomate fraîche de la récolte 2015 par la méthode obtenue par combinaison des méthodes de Bencievanni et al., 2011 et de Pascual et al., 2012 montre une répartition de sept spots de différents Mr et des pHi acides, neutres et basiques. Il est constaté d'après la carte des protéines extraites de la tomate fraîche de la récolte 2015 par la méthode obtenue par combinaison de la méthode de Pascual et al., 2012, de Bencievanni et al., 2011 et la méthode standard d'extraction des protéines d'origine végétale la répartition de plusieurs spots bien visibles de Mr variant de 15 à 200 kDa et des $3 \leq pI \leq 11$. Ce résultat confirme les résultats du dosage spectrophotométriques à 660 nm des protéines du monoconcentré de tomate de la récolte 2015. La méthode obtenue par combinaison des méthodes de Bencievanni et al., 2011, de Pascual et al., 2012 et la méthode standard d'extraction des protéines d'origine végétale permettent une meilleur extraction des protéines de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate de la récolte 2015.

III. 2. 4. 5. Electrophorèse bidimensionnelle sur gel de polyacrylamide des protéines extraites du monoconcentré de tomate de la récolte 2015 par les méthodes de Rocco et al., 2006, de Bencievanni et al., 2011, de Pascual et al., 2012 et par la méthode standard d'extraction des protéines d'origine végétale

La figure N°16 représente les cartes des protéines extraites du monoconcentré de tomate de la récolte 2015 par les méthodes de Rocco et al., 2006, de Bencievanni et al., 2011, de Pascual et al., 2012 et par la méthode standard d'extraction des protéines d'origine végétale. Il est remarqué d'après la carte des protéines extraites du monoconcentré de tomate par les méthodes de Rocco et al., 2006, de Bencievanni et al., 2011, de Pascual et al., 2012 et par la méthode standard d'extraction des protéines d'origine végétale l'absence de spots.

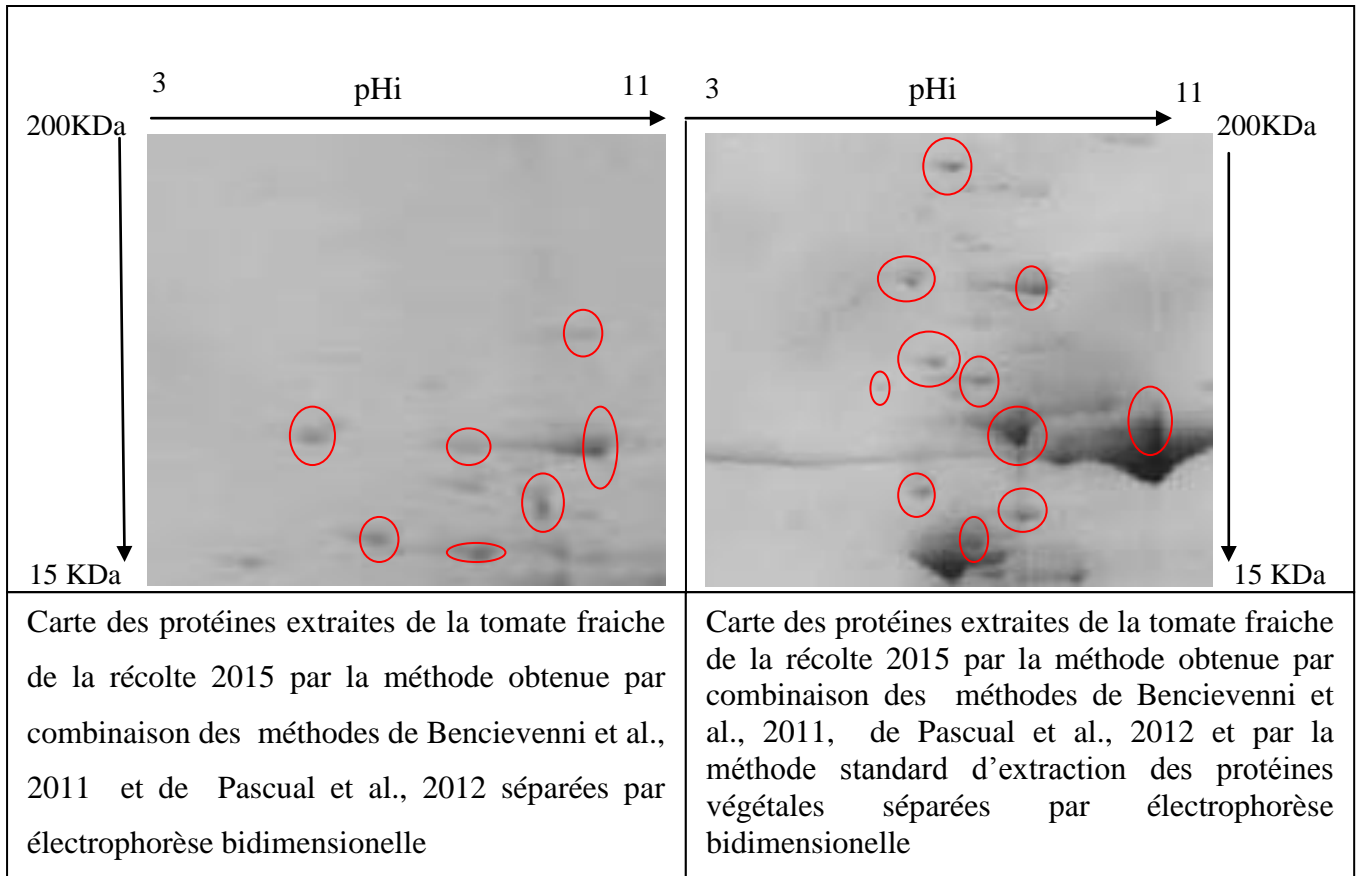


Figure N°15: Cartes des protéines extraites de la tomate fraîche de la récolte 2015 par la méthode obtenue par combinaison des méthodes de Bencieveni et al., 2011 et de Pascual et al., 2012 et celle obtenue par combinaison des méthodes de Bencieveni et al., 2011, Pascual et al., 2012 et la méthode standard d'extraction des protéines végétales séparées par électrophorèse bidimensionnelle

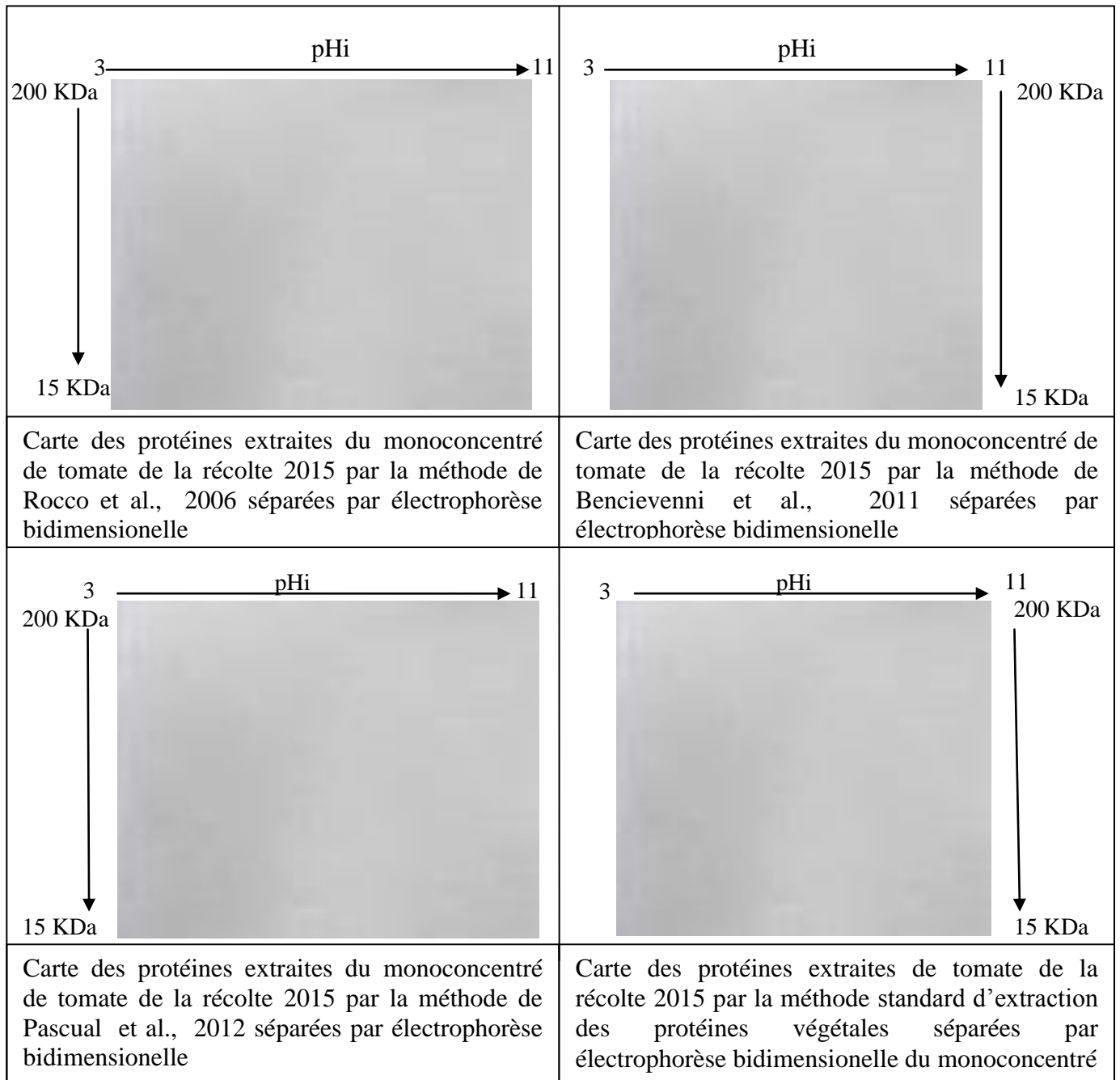


Figure N°16: Cartes des protéines extraites du monoconcentré de tomate de la récolte 2015 par les méthodes de Rocco et al, 2006, de Bencievanni et al., 2011, de Pascual et al., 2012 et la méthode standard d'extraction des protéines végétales séparées par électrophorèse bidimensionnelle

Ce résultat confirme les résultats du dosage spectrophotométriques à 660 nm des protéines du de monoconcentré de tomate de la récolte 2015. Les méthodes de Rocco et al., 2006, Bencievni et al., 2011, de Pascual et al., 2012 et la méthode standard d'extraction des protéines végétales ne permettent pas d'extraire les protéines du monoconcentré de tomate.

III. 2. 4. 6. Electrophorèse bidimensionnelle sur gel de polyacrylamide des protéines extraites du monoconcentré de tomate de la récolte 2015 par la méthode obtenue par combinaison des méthodes de Pascual et al., 2012 et de Bencievni et al., 2011 et celle obtenue par combinaison des méthodes de Pascual et al., 2012, de Bencievni et al., et la méthode standard d'extraction des protéines d'origine végétale

La figure N°17 représente les cartes des protéines extraites du monoconcentré de tomate de la récolte 2015 par la méthode obtenue par combinaison des méthodes de Bencievni et al., 2011 et de Pascual et al., 2012 et celle obtenue par combinaison des méthodes de Bencievni et al., 2011, de Pascual et al., 2012 et la méthode standard d'extraction des protéines d'origine végétale. La carte des protéines extraites du monoconcentré de tomate de la récolte 2015 par la méthode obtenue par combinaison des méthodes de Bencievni et al., 2011 et de Pascual et al., 2012 montre qu'il y a un seul spot de faible Mr et de pHi acide. Il est constaté d'après la carte des protéines extraites du monoconcentré de tomate de la récolte 2015 par la méthode obtenue par combinaison de la méthode de Pascual et al., 2012, de Bencievni et al., 2011 et par la méthode standard d'extraction des protéines d'origine végétale qu'il y a deux spots de faible Mr et de pHi acide. Ce résultat confirme les résultats du dosage spectrophotométriques à 660 nm des protéines du monoconcentré de tomate de la récolte 2015. La méthode obtenue par combinaison des méthodes de Bencievni et al., 2011, de Pascual et al., 2012 et par la méthode standard d'extraction des protéines d'origine végétale permettent l'extraction des protéines du monoconcentré de tomate de la récolte 2015.

III. 2. 4. 7. Electrophorèse monodimensionnelle sur gel de polyacrylamide en sodium dodécylsulfate (SDS-PAGE) des protéines extraites de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate des récoltes 2015, 2016 et 2017 par la méthode mise au point

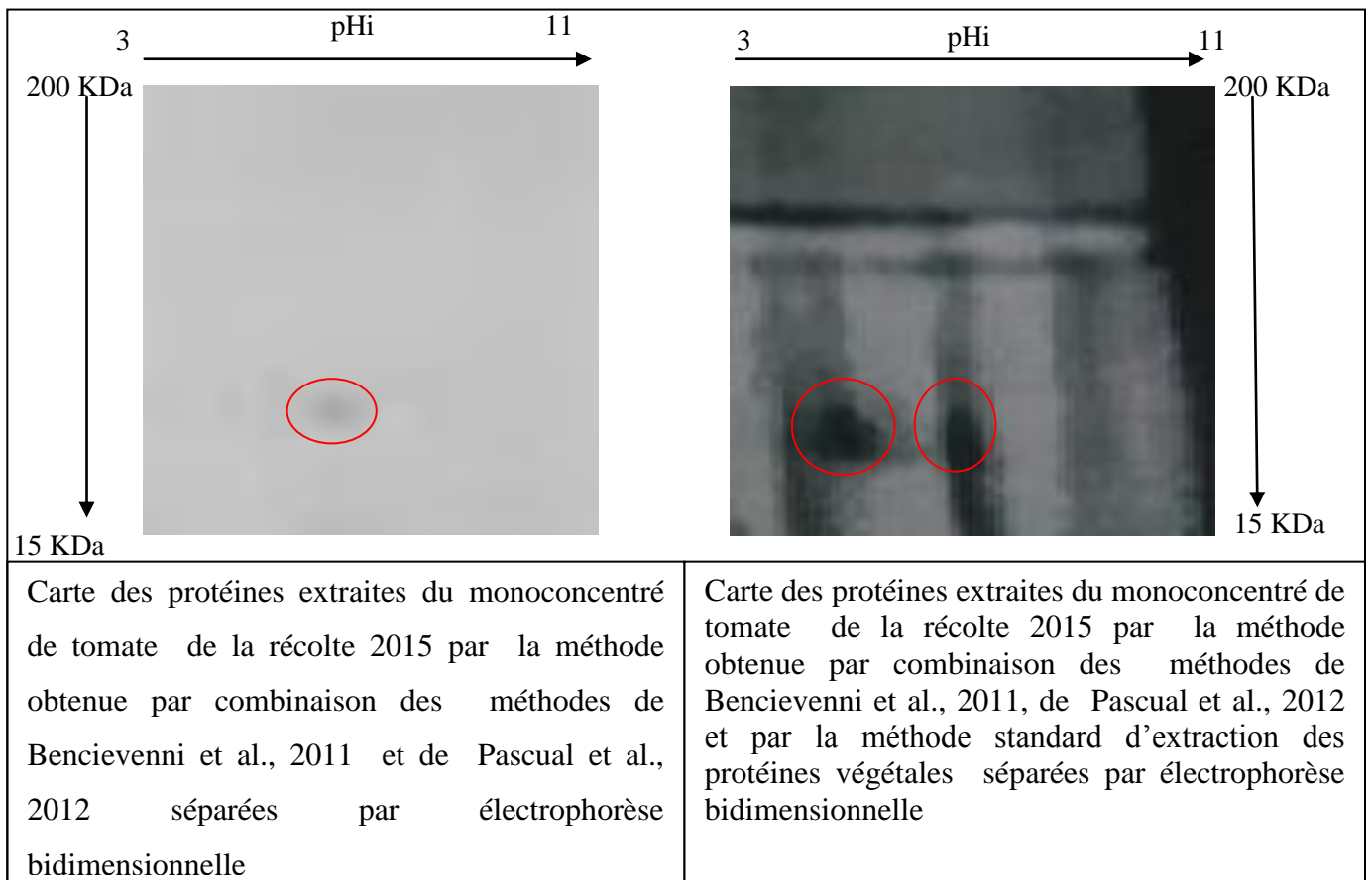


Figure N°17: Cartes des protéines extraites du monoconcentré de tomate de la récolte 2015 par la méthode obtenue par combinaison des méthodes de Bencievni et al., 2011 et de Pascual et al., 2012 et celle obtenue par combinaison des méthodes de Bencievni et al., 2011, de Pascual et al., 2012 et par la méthode standard d'extraction des protéines végétales séparées par électrophorèse bidimensionnelle

La figure N°18 représente les diagrammes électrophorétiques des protéines extraites de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate des récoltes 2015, 2016 et 2017 par la méthode mise au point. **Le tableau N°18** donne les masses moléculaires (KDa) et les intensités des bandes protéiques (%) de tomate fraîche et du monoconcentré de tomate des récoltes 2015, 2016 et 2017. Cinq fractions protéiques de différentes intensités et M_r sont détectées. Pour les protéines extraites du monoconcentré de tomate des récoltes 2015, 2016 et 2017 par la méthode mise au point obtenue au cours du processus technologique en chaîne continue et en Hot Breack, seules les fractions de faibles M_r (14 et 25 kDa) sont détectées. Les bandes des deux diagrammes électrophorétiques des protéines extraites de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate montrent la disparition de plusieurs bandes due à l'élimination de la peau et des graines lors de l'étape de filtration. Deux bandes de 15 et de 25 KDa sont bien visibles. Les deux bandes électrophorétiques correspondent aux protéines de la pulpe de tomate récupérée après la phase de filtration et de préchauffage effectuée au cours du processus technologique de production du monoconcentré de tomate en chaîne continu et en Hot – Breack. D'après les masses moléculaires, ces deux protéines correspondent aux deux allergènes majeurs de la tomate la profiline (Sola I.1) et la Cyclophiline (Sola I.5) (<http://www.allergen.org>).

III. 2. 4. 8. Electrophorèse bidimensionnelle sur gel de polyacrylamide en sodium dodécylsulfate des protéines extraites de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate des récoltes 2015, 2016 et 2017 par la méthode mise au point

La figure N°19 représente les cartes des protéines extraites de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate des récoltes 2015, 2016 et 2017 par la méthode mise au point. Il est remarqué pour la tomate fraîche une multitude de spots bien visibles de M_r variant de 15 à 200 kDa et des $3 > pI < 11$. Il existe des protéines de pH_i acides, acides proches de la neutralité, neutres et basiques. Pour le monoconcentré de tomate, il est observé la disparition de plusieurs spots protéiques. Ces derniers représentent les protéines de la peau et la pulpe éliminées au cours de la phase de filtration appliquée au cours du processus technologique de production du monoconcentré de tomate en chaîne continue et en Hot-Breack. Seuls 2 spot protéiques de faibles M_r et de pH_i basiques sont détectés. Ces protéines sont restées dans la pulpe de tomate après l'étape de filtration.

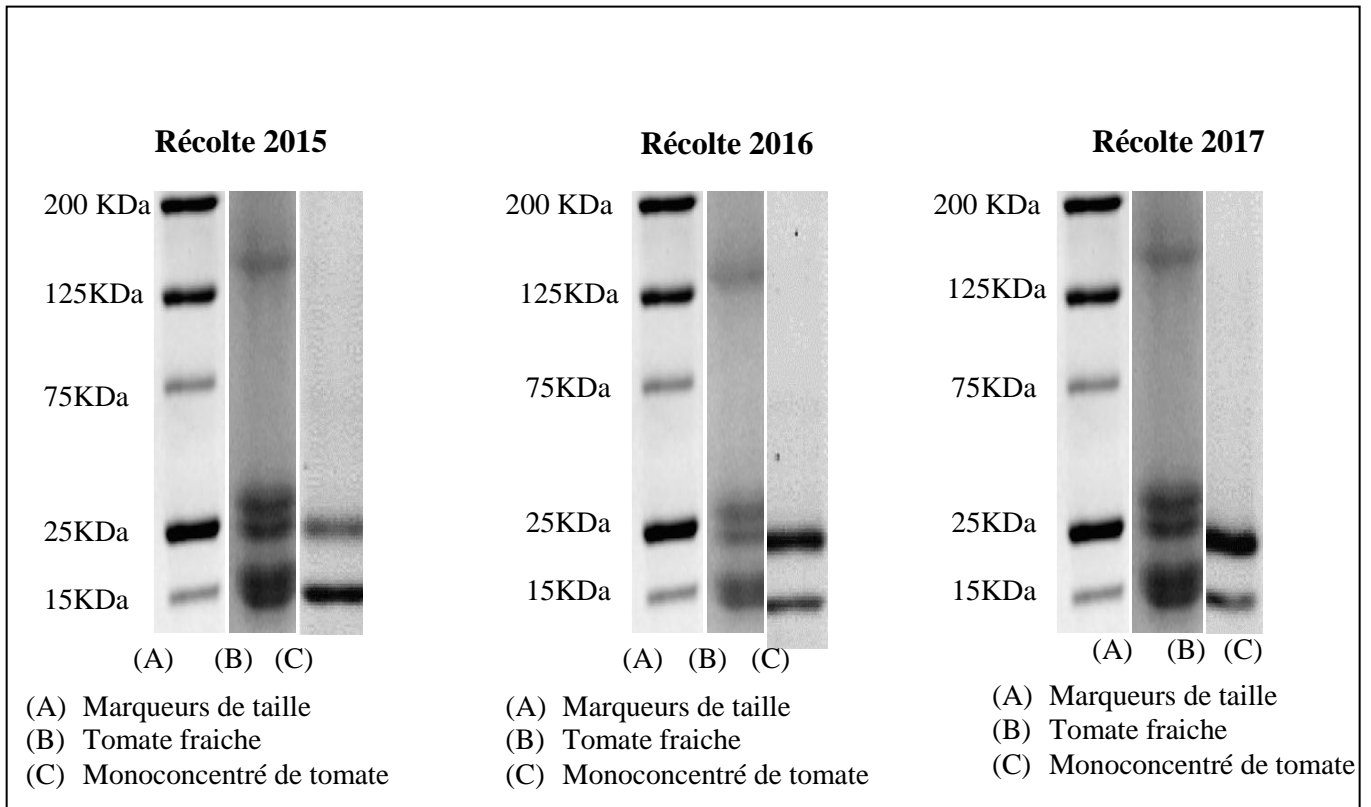


Figure N° 18: Diagrammes des protéines extraites de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate des récoltes 2015, 2016 et 2017 par la méthode mise au point séparées par électrophorèse monodimensionnelle sur gel de poly acrylamide en sodium dodécylsulfate (SDS-PAGE)

Résultats de discussions

Tableau N° 18: Intensités relatives des bandes et masses moléculaires des protéines de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate des récoltes 2015,2016 et 2017 séparées par électrophorèse monodimensionnelle sur gel de poly acrylamide en sodium dodécylsulfate (SDS-PAGE)

Années de récoltes	Intensités relatives des bandes (%)		Masses Moléculaires (KDa)	
	Tomate fraîche	Monoconcentré de tomate	Tomate fraîche	Monoconcentré de tomate
2015	5.8		150	150
	13.2		37	37
	13.5	12.8	25	25
	15		19 – 21	19 – 21
	15.2	19.1	14	14
2016	5.5		150	150
	8		37	37
	8.2	18.8	25	25
	12.5		19 – 21	19 – 21
	12.8	13	14	14
2017	5.9		150	150
	13.1		37	37
	13.4	12.8	25	25
	15		19 – 21	19 – 21
	15.1	12.8	14	14

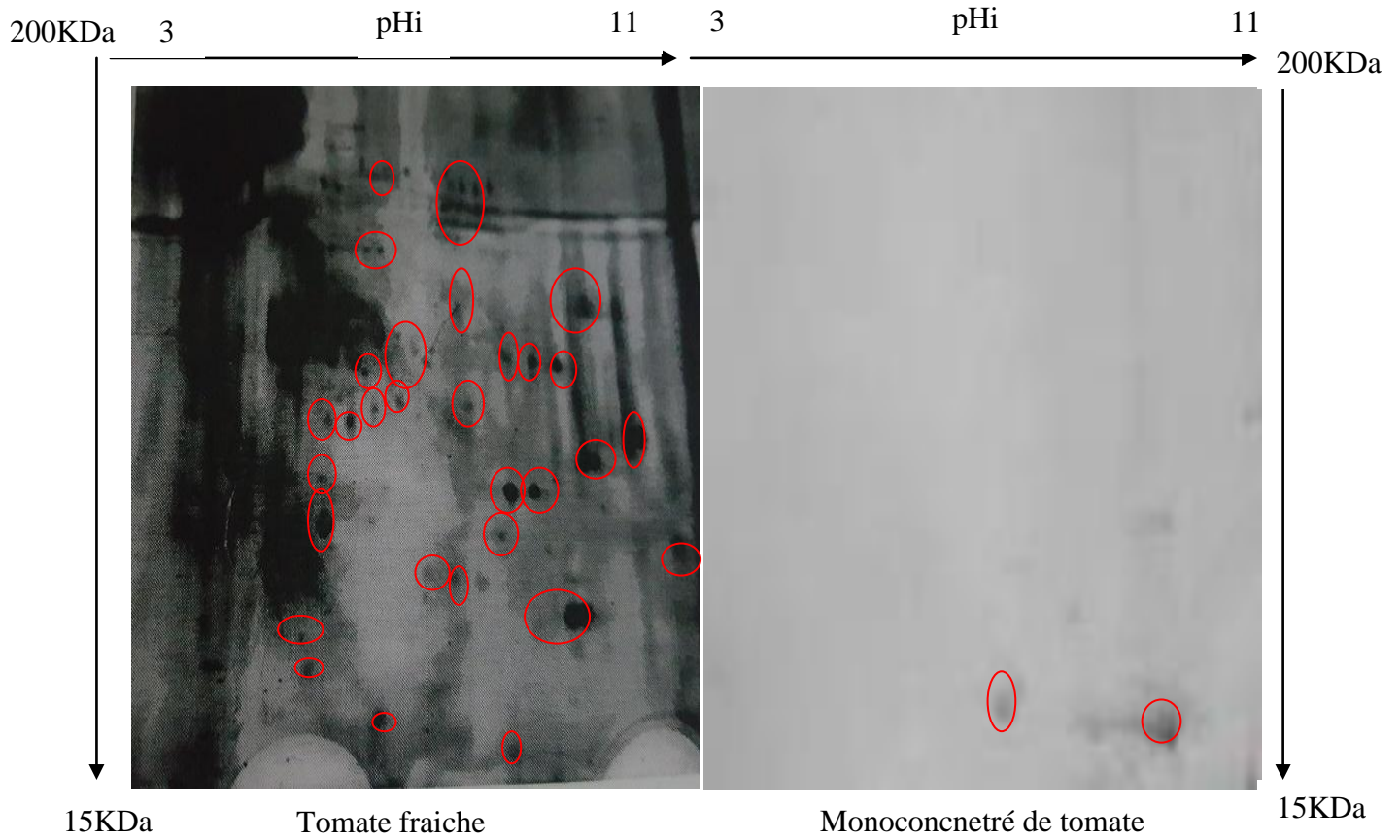


Figure N° 19: Cartes des protéines extraites de la tomate fraiche et du monoconcentré de tomate de la récolte 2015 par la méthode mise au point séparées par électrophorèse bidimensionnelle sur gel de poly acrylamide

Il est nécessaire d'identifier les protéines en amont et en aval du processus technologique de production du monoconcentré de tomate en Hot-Breack et en chaîne continue, d'étudier leurs réactivité avec les IgE spécifiques des patients allergiques à la tomate et d'évaluer l'effet des phases de ce processus technologique sur l'allergénicité de la tomate.

III. 3. Relations entre les paramètres physicochimiques en fonction du processus technologique de fabrication du monoconcentré de tomate en continu et en Hot - Breack

D'après le **Tableau N°19**, les coefficients de corrélations linéaires entre les taux de Brix et de sucres réducteurs et d' α -tocophérol, le taux de sucres réducteurs et d' α -tocophérol, le taux de lycopène et de β -carotène ainsi que la viscosité, le taux de β -carotène et la viscosité, le taux de protéines avec les teneurs de Brix, de sucres réducteurs, d'acide ascorbique, de lycopène et de β -carotène et ceux calculés pour le taux de protéines avec l' α -tocophérol sont respectivement positifs très hautement significatifs et positifs significatifs. Il est prouvé l'existence de relations linéaires positives. Les coefficients de corrélations linéaires entre le taux d'acide ascorbique et de Brix, le taux de sucres réducteurs et d' α -tocophérol, le taux de lycopène et le rapport des couleurs rouge sur jaune aussi bien que la luminosité, le taux de β -carotène et le rapport des couleurs rouge sur jaune et la luminosité, le rapport des couleurs rouge sur jaune avec la luminosité et la viscosité, la viscosité et la luminosité et le taux de protéines avec le rapport des couleurs rouge sur jaune et la luminosité sont non significatifs. Il n'y a pas de relations linéaires entre les variables considérées.

La teneur en protéines change comme les taux de Brix, d'acide ascorbique, d' α -tocophérol, de sucres réducteurs, de β -carotène et de lycopène et le rapport des couleurs rouge sur jaune et la luminosité jusqu'au début de la pasteurisation. Les bandes des deux diagrammes électrophorétiques des protéines extraites de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate montrent la disparition de plusieurs bandes due à l'élimination de la peau et des graines en tant que déchets lors de l'étape de filtration. Deux bandes de 15 et de 25 KDa sont bien visibles. Les deux bandes électrophorétiques correspondent aux protéines de la pulpe de tomate récupérée après la phase de filtration et de préchauffage effectuée au cours du processus technologique de production du monoconcentré de tomate en chaîne continue et en Hot - Breack. Seuls 2 spots protéiques de faibles Mr et de pHi basiques restés dans la pulpe de tomate après l'étape de filtration. Après la phase de pasteurisation, le taux de

Résultats de discussions

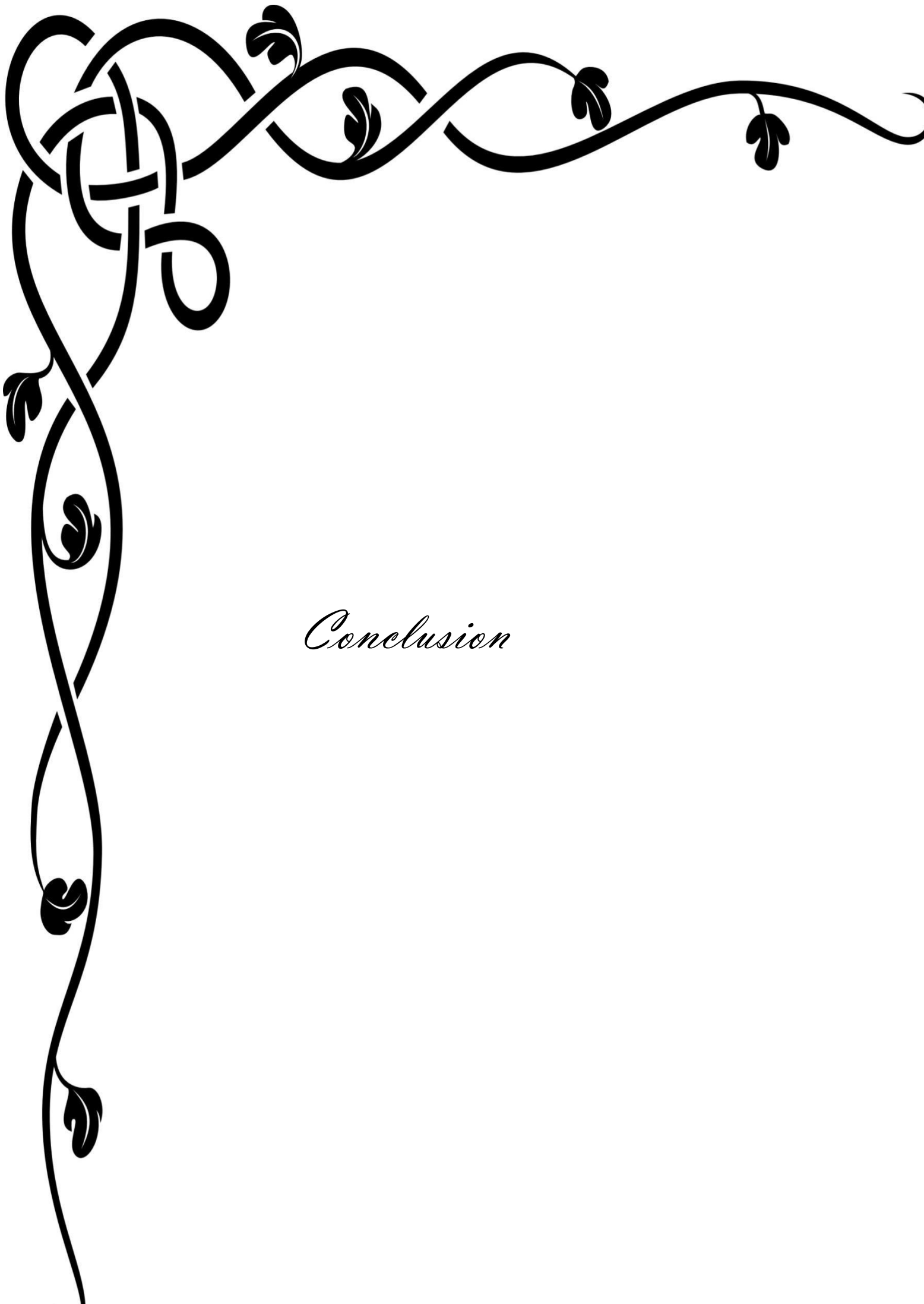
Tableau N° 19: Corrélations linéaires entre les paramètres physicochimiques de chacun des 3 groupes déterminés en fonction du processus technologique des récoltes 2015, 2016 et 2017

Groupes	Paramètres de qualité		Coefficients de corrélations (r)	Valeurs des probabilités (p)
	Variables			
	X	Y		
Groupe 1	Sucres réducteurs [%]	Brix [%]	r=+0.999***	p=0,000
	Acide ascorbique [mg/100g]		r=+0.855	p=0,065
	L'α-tocophérol [mg/100g]		r=+0.999***	p=0,000
	Acide ascorbique [mg/100g]	Sucres réducteurs [%]	r=+0.872	p=0,054
	α-tocophérol [mg/100g]		r=+1.000***	p=0,000
	Acide ascorbique [mg/100g]	α-tocophérol [mg/100g]	r=+0.873	p=0,053
	Brix [%]	Protéines [mg/100g]	r=+0.994***	p=0,001
	Sucres réducteurs [%]		r=+0.997***	p=0,000
	α-tocophérol [mg/100g]		r=+0.885*	p=0,04
	Acide ascorbique [mg/100g]		r=+0.998***	p=0,000
Groupe 2	β-Carotène [mg/100g]	Lycopéne [mg/100g]	r=+0.992***	p=0,001
	Rapport a/b		r=+0.704	p=0,184
	Luminosité		r=-0.546	p=0,341
	Viscosité [cm Bw]		r=+0.997***	p=0,000
	Rapport a/b	β-Carotène [mg/100g]	r=+0,748	p=0.146
	Luminosité		r=-0.461	p=0,434
	Viscosité [cm Bw]		r=+0.993***	p=0,000
	Luminosité	Rapport a/b	r=-0.294	p=0.631
	Viscosité [cm Bw]		r=+0.752	p=0.143
	Luminosité	Viscosité [cm Bw]	r=-0.558	p=0.328
	Lycopéne [mg/100g]	Protéines [mg/100g]	r=+0.996***	p=0,000
	β-Carotène [mg/100g]		r=+0.995***	p=0,000
	Rapport a/b		r=+0.704	p=0.184
Luminosité	r=-0.468		p=0,42	
Groupe 3	pH	Acidité titrable [%]	r=-0.975	p=0,05

Rapport a/b: Rapport des couleurs rouge sur jaune, *: Corrélacion linéaire significative au niveau $\alpha = 0,05$, **: Corrélacion linéaire hautement significative au niveau $\alpha = 0,01$, *** : Corrélacion linéaire très hautement significative au niveau $\alpha = 0,001$

protéines reste constant.

L'analyse des protéines par électrophorèse 1D et 2D permet de suivre les variations des protéines en fonction du processus technologique de fabrication du monoconcentré de tomate en Hot-Break et en chaîne continue. Il est nécessaire de déterminer la nature de ces protéines.



Conclusion

Conclusion

CONCLUSION

Au cours du processus technologique de fabrication du monoconcentré de tomate par la méthode Hot-Break en continu avec la tomate des récoltes des années 2015, 2016 et 2017, au moment du préchauffage du jus à 64.66°C pendant 20 min et filtration, les taux de Brix, d'acide ascorbique, d' α -tocophérol, de sucres réducteurs, de β -carotène, de lycopène, de protéines et le rapport des couleurs rouge sur jaune et la luminosité décroissent. Au niveau de la concentration du jus à 88.23°C durant 2h, il y a augmentation de ces paramètres. Lors de la pasteurisation à 91.7°C pour 20 min et la stérilisation à 95.1°C en 10 min, les taux de Brix, d'acide ascorbique, d' α -tocophérol et de sucres réducteurs baissent tandis que les taux de lycopène et de β -carotène, le rapport des couleurs rouge sur jaune, la luminosité et la viscosité augmentent. La teneur en protéines reste stable. Tout au long du processus technologique le pH baisse. Le groupe constitué des taux de Brix, d'acide ascorbique, d' α -tocophérol et de sucres réducteurs et celui formé par les taux de lycopène et de β -carotène, le rapport des couleurs rouge sur jaune et la luminosité varient de façon comparable à l'intérieur de chaque groupe. La viscosité évolue tel les taux de lycopène et de β -carotène, le rapport des couleurs rouge sur jaune et la luminosité dans les phases de pasteurisation et de stérilisation. Les teneurs en protéines changent comme les taux de Brix, d'acide ascorbique, d' α -tocophérol, de sucres réducteurs, de β -carotène et de lycopène et le rapport des couleurs rouge sur jaune et la luminosité jusqu'au début de la pasteurisation. Il est prouvé l'existence de relations linéaires positives entre le taux de Brix et ceux de sucres réducteurs et d' α -tocophérol, le taux de sucres réducteurs et d' α -tocophérol, le taux de lycopène et de β -carotène ainsi que la viscosité, le taux de β -carotène et la viscosité, le taux de protéines et de Brix, de sucres réducteurs, d'acide ascorbique, de lycopène et de β -carotène et le taux d' α tocophérol et de protéines. Il n'existe pas de relations linéaires entre le taux d'acide ascorbique et de Brix, le taux de sucres réducteurs et d' α -tocophérol, le taux de lycopène et le rapport des couleurs rouge sur jaune aussi bien que la luminosité, le taux de β -carotène et le rapport des couleurs rouge sur jaune et la luminosité, le rapport des couleurs rouge sur jaune avec la luminosité et la viscosité, la viscosité et la luminosité et le taux de protéines avec le rapport des couleurs rouge sur jaune et la luminosité.

Conclusion

La concentration des protéines de la tomate fraîche extraites selon la méthode mise au point est 4 fois supérieur à celle donnée par la méthode de Rocco et al., 2006, de Bencievanni et al., 2011 et Pascual et al., 2012. Elle est le double des concentrations des protéines de la tomate fraîche extraites selon la méthode standard d'extraction des protéines d'origine végétale et la méthode obtenue par combinaison des méthodes de Pascual et al., 2012 et de Bencievanni et al 2011. Pour le monoconcentré de tomate, la concentration des protéines extraites selon la méthode mise au point est le double de celle donnée par la méthode obtenue par combinaison des méthodes de Pascual et al., 2012 et de Bencievanni et al., 2011.

L'analyse des protéines par électrophorèse 1D et 2D permet de suivre les variations des protéines en fonction du processus technologique de fabrication du monoconcentré de tomate en Hot-Break et en chaîne continue.

Il est nécessaire d'identifier les protéines en amont et en aval du processus technologique de production du monoconcentré de tomate en Hot-Break et en continu, d'étudier leurs réactivité avec les IgE spécifiques des patients allergiques à la tomate et d'évaluer l'effet des phases de ce processus technologique sur l'allergénicité du monoconcentré de tomate.



Références bibliographiques

Références bibliographiques

A

Aalberse, R.C., J. Akkerdaas, and R. Cross-reactivity of IgE antibodies to allergens. *Allergy*. 2001, 56, 478-90.

Aalberse, R.C. Structural biology of allergens. *J. Allergy Clin. Immunol.* 2000, 106, 228–238.

Abushita A.A., Hebshi E.A., Daood H.G., & Biacs P.A. Determination of antioxidant vitamins in tomatoes. *Food Chemistry*. 1997, 60, 2, 207-212.

AFNOR – DGCCRF, Recueil de normes françaises. Tome I : Contrôle de la qualité des produits alimentaires : contrôle microbiologique. Édité et diffusé par l'association française de normalisation (afnor), Tour Europe paris-la défense. 1993, pp : 22-39, 130-135, 218-227, 264-279.

Akbudak B., Bolkan H. & Cohen N. Determination of physicochemical characteristics in different products of tomato varieties. *Inter J Food Sci.* 2009, 60, 126-138.

Alais C., Linden G., & Miclo L. Biochimie alimentaire 5 Ed de l'abrégé DUNOD ISBN : 2100038273 Paris. 2003, pp : 66-67, 90-93.

Alshatwi, A. A., Al Obaaid, M. A., Al Sedairy, S. A., Al-Assaf, A. H., Zhang, J. J., Lei, K. Y. Tomato powder is more protective than lycopene supplement against lipid peroxidation in rats. *Nutrition Research*. 2010, 30, 66-73.

Anese, M. F., Fogliano, V.; Nicoli, M .C.; Massini, R. Effect of equivalent thermal treatments on the color and the antioxidant activity of tomato purees. *Journal of Food Science*. 2002, 67, 3442-3446.

Références bibliographiques

Anonyme. Valeur nutritive de quelques aliments usuels. Santé Canada SC Pub. : 4772 ISBN : 978-0-662-08380-1. 2012, pp : 14-21. <http://www.fichier-pdf.fr/2012/07/20/canada/www.fichier-pdf.fr>

Antho G.E., Diaz J.V., & Barrett D.M. Changes in pectins and products consistency during the concentration of tomato juice to paste. *J. Agric. Food Chem.* 2008, 56, 7100-7105.

Antho, G. E., Le Strange, M., Barrett, D. M. Changes in pH, acids, sugars and other quality parameters during extended vine holding of ripe processing tomatoes. *Journal of the Science of Food and Agriculture.* 2011, 91, 1175-1181.

Antho G.E. & Barrett D.M. Pectin methylesterase activity and other factors affecting pH and titratable acidity in processing tomatoes. *Food Chemistry.* 2012, 132, 915-920.

B

Ballmer-Weber,B.K., Hoffmann-Sommergruber,K. Molecular diagnosis of fruit and vegetable allergy. *Current Opinion in Allergy and Clinical Immunology.* 2011, 11, 229-235.

Bannon, G.A. What makes a food protein an allergen? *Curr. Allergy Asthma Rep.* 2004, 4, 43-46.

Basuny A. M., Gaafar A. M., & Arafat S. M. Tomato lycopène is a natural antioxidant and can alleviate hypercholesterolemia. *African Journal of Biotechnology.* 2009, 8, 23, 6627-6633.

Bayod, E., Mansson, P., Innings, F., Bergenstahl, B., Tornberg, E. Low shear rheology of concentrated tomato products, Effect of particle size and time. *Food Biophysics.* 2007, 2, 146-157.

Références bibliographiques

Bayod E., Willers E.P., & Tornberg E. Rheological and structural characterization of tomato paste and its influence on the quality of ketchup. *LWT*. 2008, 41, 1289-1300.

Bayod, E., Tornberg, E. Microstructure of highly concentrated tomato suspensions on homogenisation and subsequent shearing. *Food Research International*. 2011, 44, 755-764.

Beckles D.M. Factors affecting the postharvest soluble solids and sugar content of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. *Postharvest Biology and Technology*. 2012, 63, 129-140.

Ben-Aziz, A., Britton, G., and Goodwin, T. W. Carotene epoxides of *Lycopersicon esculentum*. *Phytochemistry*. 1973, 12, 2759-2764.

Bencivenni, G., Faccini, A., Bottesini, C., Rao, R. Assessing allergenicity of different tomato ecotypes by using pooled sera of allergic subjects. 2011, 234, 404-414.

Bermudez-Jelic U. O., Estibaliz O., Ana C., Jason P., Albert Vliet., Giuseppe V., Carroll E. C., Lester P. Lycopene Inhibits the Growth of Normal Human Prostate Epithelial Cells in Vitro. *The Journal of Nutrition*. 2003, 133, 356–3360.

Bleumink E., Berrens L., Young E. Studies on the atopic allergen in ripe tomato fruits. I. Isolation and identification of the allergen. *Int Arch Allergy Appl Immunol*. 1966, 30, 132-45.

Bleumink E., Berrens L., Young E. Studies on the atopic allergen in ripe tomato fruits. II. Further chemical characterization of the purified allergen. *Int Arch Allergy Appl Immunol*. 1967, 31, 25-37.

Blum A., Monir M., Wirsansky I., & Ben-Arzi S. The beneficial effects of tomatoes. *European Journal of Internal Medicine*. 2005, 16, 402-404.

Bone R.A., Landrum J.T., Friedes L.M., Gomez C.M., Kilburn M.D., Menendez E., Vidal I., & Wang W. Distribution of lutein and zeaxanthin stereoisomers in the human retina. *Exp. Eye Res*. 199, 64, 211-218.

Références bibliographiques

Borguini R. G. & Torres E. Tomatoes and tomato products as dietary sources of antioxidants. *Food Reviews International*. 2009, 25, 313-325.

Boumendjel M.E. & Boutebba A. Heat treatment effects on the biochemical and nutritional content of double concentrated tomato paste. – Proc. 8th IS on Processing Tomato. Eds.: B. Bieche and X. Branthome. *Acta Hort*. 2003, 613, 429-432.

Bourgeois C.F. Les vitamines dans les industries agro-alimentaires. Ed : Tec et Doc Lavoisier. Paris. ISBN : 2-7430-0524-6, 2003.

Bouزيد, A., Berdani, S. La performance économique de la filière tomate industrielle en Algérie. Les cahiers de cread.2013, 103, 412-432.

Bartholin, A., Kouaa, M. Stockage en vrac des concentrés de tomate et transfert de la première à la seconde transformation, rapport d'étude CTC.PA/and info-thechno, CTC PA, station de pugricard N°29. 1981.

Bredehorst, R., and David, K. What establishes a protein as an allergen? *J. Chromatogr. B Biomed. Sci. Appl.* 2001, 756, 33–40.

Breiteneder H, Sowka S, Wagner S, Krebitz M, Hafner C, Kinaciyan T, Yeang HY, Scheiner O. Cloning of the patatin-like latex allergen Hev b 7, its expression in the yeast *Pichia pastoris* and its immunological characterization. *Int Arch Allergy Immunol*. 1999, 118, 309-10.

Britton, G., Liaaen-Jensen, S., and Pfander, H. *Carotenoids Volume 5 :Nutrition and Health*. Birkhäuser Verlag, Basel, 2009.

Brémaud C., Claisse J.-R., Leulier F., Thibault J., & Ulrich E. Alimentation, santé, qualité de l'environnement et du cadre de vie en milieu rural. Educagri éditions ISBN : 978-2-84444-475-2. 2008, pp : 68-70, 76-110.

Références bibliographiques

C

CACQE méthode d'analyse N° 08.96.13 produits dérivés des légumes détermination de la teneur en chlorures 3 p.

CACQE méthode d'analyse N° 08.97.22 fruits, légumes et produits dérivés détermination de la teneur en acide ascorbique partie 2 : méthodes pratiques 4 p.

Campbell, J. K., Canene-Adams, K., Lindshield, B. L., Boileau, T. W. M., Clinton, S. K., Erdman, J. W., Jr. Tomato phytochemicals and prostate cancer risk. *The Journal of Nutrition*. 2004, 134, 3486S-3492S.

Capanoglu, E., Beekwilder, J., Boyacioglu, D., Hall, R., De Vos, R. Changes in antioxidant and metabolite profiles during production of tomato paste. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2008, 56, 964-973.

Chanforan C. Thèse de doctorat. Stabilité de micro-constituants de la tomate (composés phénoliques, caroténoïdes, vitamines C et E) au cours des procédés de transformation: études en systèmes modèles, mise au point d'un modèle stoechio-cinétique et validation pour l'étape unitaire de préparation de sauce tomate. Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse. 2010, 399 p.

Chanforan C., Loonis M., Mora N., Caris-Veyrat C., & Dufour C. The impact of industrial processing on health-beneficial tomato microconstituents. *Food Chemistry*. 2012, 134, 1786-1795.

Chassy, A. W., Bui, L., Renaud, E. N. C., Van Horn, M., et Mitchell, A. E. Three-year comparison of the content of antioxidant microconstituents and several quality characteristics in organic and conventionally managed tomatoes and bell peppers. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2006, 54, 8244-8252.

Chong, H. H., Simsek, S., Reuhs, B. L. Analysis of cell-wall pectin from hot and cold break tomato preparations. *Food Research International*. 2009, 42, 770-772.

Références bibliographiques

Clinton, S. K. The dietary antioxidant network and prostate carcinoma. *Cancer*. 1999, 86, 1629-1631.

CODEX STAN-13-1981- Norme codex pour les tomates en conserve. Référé au concentré de tomate Hot- Break, caractéristiques principales.

Codex Stan – 13 – 1981: Norme Codex pour les tomates en conserve. 7 p.

Colle, I., Lemmens, L., Van, S., Ann, B., Loey, V., Hendrickx, M. Effect of Thermal Processing on the Degradation, Isomerization, and Bioaccessibility of Lycopene in Tomato Pulp. *Journal of Food Science*. 2010, 75, 753-759.

Colle I.J-P., Lemmens L., Van Buggenhout S., Met K., Van Loey A.M., & Hendrickx M.E. Processing tomato pulp in the presence of lipids: The impact on lycopene bioaccessibility. *Food Research International*. 2013, 51, 32–38.

Coordination Branger A., Richer M-M., et Roustel S. Alimentation et processus technologiques éd : Educagri éditions, Dijon ISBN : 987-2-8444-599-9. 2007. pp : 103-116, 186-194.

Coor. Gobon B., Loisel W. Guide pratique des analyses dans les industries des céréales (Lavoisier Tec et Doc) vitamines : A. Rougereau. 2 éd ISBN : 2-7430-0123-2. 1997. pp : 426 - 433.

Coor. Guillard J.C., Herbeth B., & Le Moel G. Cahier de formation Biologie médicale N°38, Les vitamines. EGOPRIM, Paris. ISBN : 2-913633-49-8. 2007. pp : 29-36, 49-60, 176-181, 200-201.

Références bibliographiques

Cuvelier C., Dotreppe O., & Istasse L. Chimie, sources alimentaires et dosage de la vitamine E. *Ann. Méd. 2003. Vét.*, 147, 315-324.

Couvert O. Prise en compte de l'influence du ph dans l'optimisation des traitements thermiques. Thèse de doctorat. Université de Bretagne occidentale. 2002. 180 p.

D

Delattre, J., Beaudoux, J.-L., and Bonnefont-Rousselot, D. *Radicaux libres et stress oxydant : aspects biologiques et pathologiques*, Tec & Doc / Editions Médicales Internationales, Lavoisier, Paris, 2005.

Dewanto, V., Wu, X. Z., Adom, K. K., Liu, R. H. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2002, 50, 3010-3014.

Diaz-Perales A, Collada C, Blanco C, Sanchez-Monge R, Carrillo T, Aragoncillo C, Salcedo G. Cross-reactions in the latex-fruit syndrome: A relevant role of chitinases but not of complex asparagine-linked glycans. *J Allergy Clin Immunol*. 1999, 104, 681-7.

Dölle,S., Lehmann,K., Schwarz,D., Weckwert,W., Scheler,C., George,E., Franken,P., Worm,M. Allergenic activity of different tomato cultivars in tomato allergic subjects. *Clinical and Experimental Allergy*. 2011, 41, 1643-1652.

Dossou, J., Soulé, I., Montcho, M. Analyse économique de la production de purée de tomate à petite échelle au Bénin. *Tropicultura*. 2006, 24, 239-246.

Dumas, Y., Dadomo, M., Lucca, G. d., and Grolier, P. Effects of environmental factors and agricultural techniques on antioxidant content of tomatoes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2003, 83, 369-382.

Références bibliographiques

E

El-Agamey, A., Lowe, G.M., McGarvey, D. J., Mortensen, A., Phillip, D. M., Truscott, T. G., Young, A.J. Carotenoid radical chemistry and antioxidant/pro-oxidant properties. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 2004 ,430, 37- 48.

Elattir, H., Skirdj, A., Elfadl, A. Transfert de technologie en agriculture, La laitue, l'endive, le topinambour, la verveine, la tomate industrielle. Fiche Tec. Institut Agronomique et Vétérinaire. 2003. HASSAN II, Rabat, 4p.

F

FAOSTAT., <http://faostat.fao.org/>, Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, 2015.

Faure H., Fayol V., Galabert C., Grolier P., Le Moël G., Steghens J.-P., Van Kappel A., & Nabet F. Les carotenoids: 1. Métabolisme et physiologie. *Annales de Biologie Clinique*. 1999, 57, 2, 169-183.

Ferguson, L. R. Prospects for cancer prevention. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*. 1999, 428, 329-338.

Ferrer,A., Larramendi,C., Garcia-Abujeta,J., Bartra,J., Lavin,J., Huertas,A., Andreu,C., Pagan,J., Carnes,J., Fernandez-Caldas,E. Comparison of the wheal sizes induced by prick-prick and prick test solutions containing freeze dried extracts of Canary tomatoes. *Allergy*. 2007, 62, 360- 361.

Ferro-Luzzi A., Besançon P., Debosque S., Delpenche F., Descomps B., Gerber M., Léger C.L., Padilla M., & Puygrenier M. Alimentation méditerranéenne et santé, actualité et perspectives. Ed : JL John Libbey EUROTTEXT. Paris, AGROPOLIS-Montpellier, France. ISBN: 2-7420-0315-0. 2000, pp: 138-145.

Références bibliographiques

Fichner, K., Schader ,I ., Lange, M. Early detection of changes during heat processing and stronge of tomato products. *Am-chem .Soc.* 1996, 12, 32-44.

Foetisch K., Son DY., Altmann F., Aulepp H., Conti A., Haustein D., Vieths S. Tomato(*Lycopersicon esculentum*) allergens in pollen-allergic patients. *Eur Food Res Technol.* 2001, 213, 259-266.

Fraser P.D., Enfissi E.M.A., Halket J.M., Truesdale M.R., Yu D., Gerrish C., & Bramley P.M. Manipulation of Phytoene Levels in Tomato Fruit: effects on isoprenoids, plastids, and intermediary metabolism. *The Plant Cell.* 2007, 19, 3194-3211.

Frei, B. *Natural Antioxydants in Human Health and Disease.* Academicpress, Londres, 1994.

Frénot M., & Vierling E. Biochimie des aliments : Diététique du sujet bien portant. 2 éd. Sciences des aliments. Biosciences et Techniques. 2001, pp : 158, 162-164, 181-182, 186-187.

Frusciante, L., Carli, P., Ercolan, R. M., Pernice, R., Antonio, D., Fogliano, V., Pellegrini, N. Antioxidant nutritional quality of tomato. *Molecular Nutrition Food Research,* 2007, 51, 609-617.

G

Gahler, S., Otto, K., Bohm, V. Alterations of vitamin C, total phenolics, and antioxidant capacity as affected by processing tomatoes to different products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 2003, 51, 7962-7968.

Gallais A. & Bannerot H. Amélioration des espèces végétales cultivées : objectifs et critères de sélection – *INRA.* 1992, pp : 379-391.

Références bibliographiques

Gann P.H., Ma J., Giovannucci E., Willett W., Sacks F.M., Hennekens C.H. & Stampfer M.J. (1999). Lower prostate cancer risk in men with elevated plasma lycopene levels: result of prospective analysis. *Cancer Res.* 59, 1225-1230.

Gao Z.F., Sagi M., & Lips S.H. Carbohydrate metabolism in leaves and assimilate partitioning in fruits of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) as affected by salinity. *Plant Sci.* 1998, 135, 149–159.

Garcia E. & Barrett D.M. Evaluation of processing tomatoes from two consecutive growing seasons: quality attributes peelability and yield. *Journal of Food Processing and Preservation.* 2006, 30, 20-36.

Garcia-Alonso, F. J., Bravo, S., Casas, J., Perez-Conesa, D., Jacob, K., Periago, M. J. Changes in Antioxidant Compounds during the shelf life of commercial tomato juices in different packaging materials. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 2009, 57, 6815-682.

Gautier, H., Lopez-Lauri, F., Massot, C., Murshed, R., Marty, I., Grasselly, D., Keller, C., Sallanon, H., & Genard, M. Impact of ripening and salinity on tomato fruit ascorbate content and enzymatic activities related to ascorbate recycling. *Funct. Plant Sci. Biotechnol.* 2010, 4, 66–75.

Georgé S., Tourniaire F., Gautier H., Goupy P., Rock E., & Caris-Veyrat C. Changes in the contents of carotenoids, phenolic compounds and vitamin C during technical processing and lyophilisation of red and yellow tomatoes. *Food Chemistry.* 2011, 4, 1603-1611.

Giovannucci E., Rimm E.B., Liu Y., Stampfer M.J., Willett W.C. A prospective study of tomato products, lycopene and prostate cancer risk. *J Natl Cancer Inst.* 2002, 94, 391-398.

Godon, B. Protéines végétales. Technique et documentation. Genre : Végétaux. N° de réf A872528-9251985. 1985. p 630.

Références bibliographiques

Goodman, C. L., Fawcett, S., and Barringer, S.A. Flavor, viscosity, and coloranalyses of hot and cold break tomato juices. *Journal of Food Science*. 2002, 67, 404-408.

Gould, W., A. Tomato production, processing and technology, 3^{ème} Edition : CTI Publications. 1991, 264p.

Goose, P. G., Binsted, R. Tomato Paste and other Tomato Products, 2nd edition. Food Trade Press Ltd. 1973, England.

Grolier P., Bartholin G., Broers L., Caris-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 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.* 2000, 3, 97-3233.

Guil-Guerrero J. L., Reboloso-Fuentes M. M. Nutrient composition and antioxidant activity of eight tomato (*Lycopersicon esculentum*) varieties. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2009, 22, 123–129;

Gutteridge, J. M., and Halliwell, B. *Antioxydants in nutrition, health and disease*, Oxford University Press, New York, 1994.

H

Hackett M.M., Lee J.H., Francis D., & Schwartz S.J. Thermal Stability and Isomerization of Lycopene in Tomato Oleoresins from Different Varieties. *Journal of Food Science*. 2004, 69, 7, C536-C541.

Hak A.E., Ma J., Powel C.B., Campos H., Gaziano J.M., Willett W.C. & Stampfer M.J. Perspective study of plasma carotenoids and tocopherols in relation to risk of ischemic stroke. *Stroke*. 2004, 35, 1584-1588.

Références bibliographiques

Hawbecker D.E. Microbiology, Packaging, HACCP & Ingredients. *Plant Quality Control*. Comstock Michigan fruit Div., 1995, 7, 261-283.

Hazewindus M., Haenen R.M.M.G., Weseler R.A., & Bast A. The anti-inflammatory effect of lycopene complements the antioxidant action of ascorbic acid and α -tocopherol. *Food Chemistry*. 2012, 132, 954–958.

Hercberg S., Galan P., Preziosi P., Bertrais S., Mennen L., Malvy D., Roussel A.M., Favier A. & Briançon S. The SU.VI.MAX. Study: a randomized, placebo-controlled trial of the health effects of antioxidant vitamins and minerals. *Arch Intern Med*. 2004, 164, 2335-2342.

Houssou, P. A. F., Dansou, V., Ayi-Fanou, L., Abdelkerim, A. D., Mensah, G. A. Technologie de production simultanée de purée et du jus de tomate. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. 2015, 9, 2469-2476.

Hsu K-C. Evaluation of processing qualities of tomato juice induced by thermal and pressure processing. *LWT - Food Science and Technology*. 2008, 41, 3, 450-459.

Hulme, A. C., The Biochemistry of Fruits and their Products, Vol. 1, Academic Press, London. 1970, 111p.

Hulme, A. C., The Biochemistry of Fruits and their Products, Vol. 2, Academic Press, Norwich. 1971, 123p.

Hurtado, M. C., Greve, L. C., Labavitch, J. M. Changes in cell wall pectins accompanying tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) paste manufacture. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2002, 50, 273-278.

I

INRA-CRNH. Stress oxydant, micronutriments et santé. Edmond ROCK. 2003, pp: 3-6.

Références bibliographiques

INRA. Les apports de la physiologie à l'élaboration de la qualité chez la tomate. Direction de l'information et de la documentation. 2000, 2p.

Ishida, B. K., Roberts, J. S., Chapman, M. H., Burri, B. J. Processing Tangerine tomatoes: Effects on lycopene-isomer concentrations and profile. *Journal of Food Science.* 2007, 72, C307-C312.

J

James I.F. & Kuipers B. La conservation des fruits et légumes. Ed Agrobok 3. STOAS Digrafi, Wageningen, Pays Bas. 2003, ISBN: 90-77073-32-9. pp: 8-14; 20-24.

Jensen-Jarolim E, Santner B, Leitner A, Grimm R, Scheiner O, Ebner C, Breiteneder H. Bell peppers (*Capsicum annuum*) express allergens (profilin, pathogenesis-related protein P23 and Bet v 1) depending on the horticultural strain. *Int Arch Allergy Immunol.* 1998, 116, 103-9.

Johansson, S. G., J. O. Hourihane, J. Bousquet, C. Brujnzeel-Koomen, S. Dreborg, T. Haahtela, M. L. Kowalski, N. Mygind, J. Ring, P. van Cauwenberge, M. van Hage-Hamsten, B. Wüthrich & E. t. E. A. o. A. a. C. I. n. t. force. A revised nomenclature for allergy. An EAACI position statement from the EAACI nomenclature task force. *Allergy.* 2001, 56, 813-24.

Johansson, S. G., T. Bieber, R. Dahl, P. S. Friedmann, B. Q. Lanier, R. F. Lockey, C. Motala, J. A. Ortega Martell, T. A. Platts-Mills, J. Ring, F. Thien, P. Van Cauwenberge & H. C. Williams. Revised nomenclature for allergy for global use: Report of the Nomenclature Review Committee of the World Allergy Organization, October 2003. *J Allergy Clin Immunol.* 2004, 113, 832-6.

JORA n°35. Arrêté interministériel du 24 janvier 1998 modifiant et complétant l'arrêté

Références bibliographiques

interministériel du 24 août 1997 relatif aux spécifications microbiologiques de certaines denrées alimentaires, Journal Officiel de la République Algérienne. 7-25.

K

Kambale Valimunzigha C. Étude du comportement physiologique et agronomique de la tomate (*Solanum lycopersicum L.*) en réponse à un stress hydrique précoce. Ed. Presses universitaires de Louvain. ISBN : 978-2874-6304-53. 2006, pp : 31-34.

Kangni, K. Conception d'une usine de conservation de la tomate : thèse pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur de conception Génie Mécanique- Ecole polytechnique de thies, SENEGAL. Juin 1991, p.20.

Kaur, C., George, B., Deepa, N., Jaggi, S., Kapoor, H. C. Viscosity and quality of tomato juice as affected by processing methods. *Journal of Food Quality*. 2007, 30, 864-877.

Koh, E., Wimalasiri, K. M. S., Renaud, E. N. C., Mitchell, A. E. A. A comparison of flavonoids, carotenoids and vitamin C in commercial organic and conventional marinara pasta sauce. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2008, 88, 344-354.

Kondo Y, Urisu A, Tokuda R .Identification and characterization of the allergens in the tomato fruit by immunoblotting. *Int. Arch. Allergy Immunol*. 2001, 126, 294-299.

Kopec, R. E., Riedl, K. M., Harrison, E. H., Curley, R. W., Hruszkewycz, D. P., Clinton, S. K., and Schwartz, S. J. Identification and quantification of apolycopenals in fruits, vegetables, and human plasma. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2010, 58, 3290-3296.

Références bibliographiques

Kosti, R.I., Triga, M., Tsabouri, S., and Priftis, K.N. Food allergen selective thermal processing regimens may change oral tolerance in infancy. *Allergol. Immunopathol. (Madr)*. 2013, 41, 407–417.

Krebbers B., Matser A.M., Hoogerwerf S.W., Moezelaar R., Tomassen M.M.M., & van den Berg R.W. Combined high-pressure and thermal treatments for processing of tomato puree: evaluation of microbial inactivation and quality parameters. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2003, 4, 377-385.

Krinsky N.I. (1994) – The biological properties of carotenoids. *Pure & Appl. Chem*. 66, 5, 1003-1010.

Kucuk, O., Sarkar, F. H., Djuric, Z., Sakr, W., Pollak, M. N., Khachik, F., Banerjee, M., Bertram, J. S., Wood, D. P., Jr. Effects of lycopene supplementation in patients with localized prostate cancer. *Experimental Biology and Medicine (Maywood)*. 2002, 227, 881-885.

L

Lairon, D., Arnault, N., Bertrais, S., Planells, R., Clero, E., Hercberg, S., and Boutron-Ruault, M.-C. Dietary fiber intake and risk factors for cardiovascular disease in French adults. *American Journal of Clinical Nutrition*. 2005, 82, 1185-1194.

Lamand M., Tressol J.C., Irland-Ripert J., Favier J.C., & Feinberg M. Répertoire générale des aliments Tome 4, Lavoisier Tec & Doc, 1996, 90p.

Latlief, S. J., Knorr, D. Tomato Seed Protein Concentrates: Effects of Methods of Recovery Upon Yield and Compositional Characteristics. *Journal of food science*. 1983, 48, 1583-1586.

Lavelli, V., Giovanelli, G. Evaluation of heat and oxidative damage during storage of processed tomato products. II. Study of oxidative damage indices. *Journal of the Science of*

Références bibliographiques

Food and Agriculture. 2003, 83, 966-971.

Lee I.M., Cook N.R., Manson J.E., Buring J.E. & Hennekens C.H. Beta-carotene supplementation and incidence of cancer and cardiovascular disease: The Women's Health Study. *J Natl Cancer Inst*. 1999, 91, 2102-2106.

Le Grusse, J., and Watier, B. *Les vitamines*, Centre d'Etude et d'Information sur les Vitamines, Neuilly-sur-Seine, 1993.

Lehrer, S.B., Ayuso, R., and Reese, G. Current Understanding of Food Allergens. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 2002, 964, 69–85.

Lenucci M., Daniela C., Marco T., Gabriella P., Giuseppe D. Antioxidant Composition in Cherry and High-Pigment Tomato Cultivars. *J. Agric. Food Chem.* 2006, 54, 2606–2613.

Lenné, P., Branthome, FX. Etude la filière "transformation de la tomate. Rapport de synthèse. Euro-Développement Pme. 2006, Alger.

Leonardi, C., Ambrosino, P., Esposito, F., and Fogliano, V. Antioxidative activity and carotenoid and tomatine contents in different typologies of fresh consumption tomatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2000, 48, 4723-4727.

Lepski, S., and Brockmeyer, J. Impact of dietary factors and food processing on food allergy. *Mol. Nutr. Food Res*. 2013, 57, 145–152.

Le QL, Lorenz Y, Scheurer S, Foetisch K, Enrique E, Bartra J, Biemelt S, Vieths S, Sonnewald U. Design of tomato fruits with reduced allergenicity by ds-RNAi mediated inhibition of ns-LTP (Lyc e 3) expression. *J Plant Biotechnology*. 2006, 4, 231-42.

Leskova E., Kubikova J., Kovacikova E., Kosicka M., Porubská J. & Holcikova K. Vitamin losses: Retention during heat treatment and continual changes expressed by mathematical models. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2006, 19, 252–276.

Références bibliographiques

Lima J. R., Elizondo N. J. & Bohuon P. Kinetics of ascorbic acid degradation and colour change in ground cashew apples treated at high temperatures (100 - 180 °C). *International Journal of Food Science and Technology*. 2010, 45, 1724-1731.

Lin C. H. & Chen B. H. Stability of carotenoids in tomato juice during processing. *European food research and technology*. 2005, 221, 274-280.

Lopez-Matas,M.A., Ferrer,A., Larramendi,C.H., Huertas,A.J., Pagan,J.A., Garcia-Abujeta,J.L., Bartra,J., Lavin,J.R., Andreu,C., Carnes,J. In vitro cross-reactivity between tomato and other plant allergens. *Annals of Allergy Asthma & Immunology*. 2001, 103, 425-431.

Lorient D. Modifications biochimiques des constituants alimentaires. Techniques de l'ingénieur. F3400.ISTRA IN. Paris. 1998, 20 p.

Lorentz, A., S. Schwengberg, G. Sellge, M. P. Manns & S. C. Bischoff. Human intestinal mast cells are capable of producing different cytokine profiles: role of IgE receptor cross-linking and IL-4. *J Immunol*. 2000, 164, 43-8.

Lorenz Y, Enrique E, Le QL, Foetisch K, Retzek M, Biemelt S, Sonnewald U Vieths S, Scheurer S. Skin prick test reveals stable and heritable reduction of allergenic potency of gene silenced tomato fruits. *J Allergy Clin. Immunol*. 2006, 118, 711-812.

Louarme L. & Billaud C. Evaluation of ascorbic acid and sugar degradation products during fruit dessert processing under conventional or ohmic heating treatment. *LWT - Food Science and Technology*. 2012, 49, 184-187.

Lowe G.M. Étude des effets physiologiques des dérivés de la tomate *in vivo*. School of Pharmacy and Biomolecular Sciences, Liverpool John Moores University, Liverpool, UK. LYCOCARD. Rapport annuel. 2010, pp : 7-8.

Références bibliographiques

Ludwig, D. S., Pereira, M. A., Kroenke, C. H., Hilner, J. E., Van Horn, L., Slattery, M. L., Jacobs, D. R., Jr. Dietary fiber, weight gain, and cardiovascular disease risk factors in young adults. *JAMA*. 1999, 282, 1539-1546.

Luthria, D. L., Mukhopadhyay, S., and Krizek, D. T. Content of total phenolics and phenolic acids in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruits as influenced by cultivar and solar UV radiation. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2006, 19, 771-777.

M

Magerramov M.A., Abdulagatov A.I., Azizov N.D., & Abdulagatov I.M. Effect of temperature, concentration, and pressure on the viscosity of pomegranate and pear juice concentrates. *Journal of Food Engineering*. 2007, 80, 476-489.

MADR, 2013: Statistiques Agricoles. Ministère de l'agriculture et du développement rural.

Marsic, N. K., Sircelj, H., and Kastelec, D. Lipophilic antioxidants and some carpometric characteristics of fruits of ten processing tomato varieties, grown in different climatic conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2010, 58, 390-397.

Martinez-Valverde, I., Periago, M. J., Provan, G., and Chesson, A. Phenolic compounds, lycopene and antioxidant activity in commercial varieties of tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2002, 82, 323- 330.

Masilamani, M., Commins, S., and Shreffler, W. Determinants of food allergy. *Immunol.Allergy Clin. North Am.* 2012, 32, 11–33.

Matsuo, H., Yokooji, T., and Taogoshi, T. Common food allergens and their IgE-binding epitopes. *Allergol. Int.* 2015, 64, 332–343.

Mayeaux, M., Xu, Z., King, J. M., Prinyawiwatkul, W. Effects of cooking conditions on

Références bibliographiques

the lycopene content in tomatoes. *Journal of Food Science*. 2006, 71, C461- C464.

McCarthy, K. L., McCarthy, M. J. Relationship between in-line viscosity and bostwick measurement during ketchup production. *Journal of Food Science*. 2009, 74, E291-E297.

Miladi, 1970. Introduction à la composition et la technologie de la tomate. INN Ed grand magreb, Tunisie, p. 99.

Miller, N. J., Sampson, J., Candeias, L. P., Bramley, P. M., and Rice-Evans, C. A. Antioxidant activities of carotenes and xanthophylls. *FEBS Letters*. 1996, 384, 240-242.

Moco, S., Capanoglu, E., Tikunov, Y., Bino, R. J., Boyacioglu, D., Hall, R. D., Vervoort, J., and De Vos, R. C. H. Tissue specialization at the metabolite level is perceived during the development of tomato fruit. *Journal of Experimental Botany*. 2007, 177-182.

Moresi, M., and Liverotti C. Economic study of tomato paste production. *J. Food Technology*. 1982, 17, 177-199.

MTCTHG. Magazine Trimestriel du Centre Technique Horticole de Gembloux – N°27.juin 2009.

N

Naika S., Van Lidt de Jeude J., Marja de Goffau., Hilmi M., & Van Dam B. La culture de la tomate : production, transformation, commercialisation. Ed : 5 Agrobok 17 ISBN Agronisa, 2005, 90-8573-044-9.

Niki, E., Saito, T., Kawakami, A., and Kamiya, Y. Inhibition of oxidation of methyl linoleate in solution by vitamin E and vitamin C. *Journal of Biological Chemistry*. 1984, 259, 4177-4182.

Nguyen, M., Francis, D., and Schwartz, S. Thermal isomerisation susceptibility of

Références bibliographiques

carotenoids in different tomato varieties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2001, 81, 910-917.

Nout R., Hounhouigan J. D., & Van Boekel T. Les aliments : Transformation, Conservation et Qualité. Backhuys Publishers CTA, printed in Germany. 2003, ISBN: 90-5782-124-9. pp : 3-9, 15-22, 50, 90, 141-184.

Norme Française NF V 05-406- concernant les produit dérivés des fruits et légumes: détermination du pH.

Norme Française NF V 08-051 Microbiologie. Directives générales pour le dénombrement des germes aérobies à 30°C.

Norme Française NF V 08-025 Microbiologie. Directives générales pour le dénombrement des Entérobactéries à 37°C.

Norme Française NF V 08-050 Microbiologie. Directives générales pour le dénombrement des coliformes totaux à 30°C.

Norme Française NF V 08-057 Microbiologie. Directives générales pour le dénombrement des staphylocoques à 37°C.

Norme Française NF V 08-061 Microbiologie. Directives générales pour le dénombrement des clostridium sulfito-réducteurs à 37°C.

Norme Française NF V 08-052 Microbiologie. Directives générales pour le dénombrement des Salmonelles à 37°C.

Norme Française NF XP 08-059 Microbiologie. Directives générales pour le dénombrement

Références bibliographiques

des levures et moisissures à 25°C°.

Norme Française NF V 08-402- concernant le contrôle de stabilité des conserves de pH inférieur à 4.5.

Norme ISO 2173- concernant les produits dérivés des fruits et légumes : détermination du résidu sec réfractométrique.

Norme Algérienne NA 5669- concernant les produits dérivés des fruits et légumes : détermination du résidu sec.

Norme Française NF T 90-008 -concernant la mesure électrométrique du pH avec l'électrode de verre.

Norme Française NF V 05-101- concernant les produit dérivés des fruits et légumes: détermination de l'acidité titrable.

O

Obermuller-Jevic, U. C., Olano-Martin, E., Corbacho, A. M., Eiserich, J. P., van der Vliet, A., Valacchi, G., Cross, C. E., and Packer, L. Lycopene inhibits the growth of normal human prostate epithelial cells in vitro. *The Journal of Nutrition*. 2003, 133, 3356-3360.

Omoni, A. O., and Aluko, R. E. The anti-carcinogenic and anti-atherogenic effects of lycopene. *Trends in Food Science & Technology*. 2005, 16, 344-350.

Ortolani,C., Ispano,M., Pastorello,E.A., Ansaloni,R., Magri,G.C. Comparison of Results

Références bibliographiques

of Skin Prick Tests (with Fresh Foods and Commercial Food Extracts) and Rast in 100 Patients with Oral Allergy Syndrome. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*. 1989, 83, 683-690.

P

Page D., Van Stratum E., Degrou A., & Renard C.M.G.C. Kinetics of temperature increase during tomato processing modulates the bioaccessibility of lycopene. *Food Chemistry*. 2012, 135, 2462-2469.

Palomares,O., Villalba,M., Quiralte,J., Polo,F., Rodriguez,R. 1,3-beta-glucanases as candidates in latex-pollen-vegetable food cross-reactivity. *Clinical and Experimental Allergy*. 2005, 35, 345-351.

Parada, J., Aguilera, J. M. Food microstructure affects the bioavailability of several nutrients, *Journal of Food Science*. 2007, 72, R21-R32.

Patras, A., Brunton, N., Da Pieve, S., Butler ,F., Downey ,G. Effect of thermal and high pressure processing on antioxidant activity and instrumental colour of tomato and carrot purées. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 2009, 10, 16–22.

Pelli K. & Lyly M. Antioxidants in the diet VTT biotechnology Finland. Consumers N° 3, INRA n° ISBN : 2-7380-1070-9. 2003, pp : 4-17.

Pérez-Conesa, D., García-Alonso, J., García-Valverde, V., Iniesta, M. D., Jacob, K., Sánchez-Siles, L. M., Ros, G., Periago, M. J. Changes in bioactive compounds and antioxidant activity during homogenization and thermal processing of tomato puree. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 2009, 10, 179–188.

Periago M.J. Le lycopène et autres composés bioactifs dans la tomate et dans ses dérivés. Dept. of Food Technology, Food Science and Nutrition - University of Murcia, Spain. LYCOCARD. Rapport annuel. 2010, pp : 9-11.

Références bibliographiques

Pernice R., Parisi M., Giordano I., Pentangelo A., Graziani G., Gallo M., Fogliano V., & Ritieni A. Antioxidants profile of small tomato fruits: Effect of irrigation and industrial process. *Scientia Horticulturae*. 2010, 126, 156-163.

Persia, M. E., Parsons, C. M., Schang, M., Azcona, J. Nutritional evaluation of dried tomato seeds. *Poultry Science*. 2003, 82, 141–146.

Pascual, C., Fernandez,j., Sanchez, D. Allergy of tomato in Mediteranean pediatric patients. *J Allergy Clin Immunol*. 2012, 145, 154-156.

Petersen,A., Vieths,S., Aulepp,H., Schlaak,M., Becker,W.M. Ubiquitous structures responsible for IgE cross-reactivity between tomato fruit and grass pollen allergens. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*. 1996, 98, 805-815.

Pinela J., Barros L., Carvalho A. M., & Ferreira C.F.R.I. Nutritional composition and antioxidant activity of four tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) farmer' varieties in Northeastern Portugal home gardens, *Food and Chemical Toxicology*. 2012, 50, 829–834.

Porrini, M., Riso, P. Factors influencing the bioavailability of antioxidants in foods: A critical appraisal, *Nutrition. Metabolism and Cardiovascular Diseases*. 2008,18, 647-650.

Poulsen, O.M., and Hau, J. Murine passive cutaneous anaphylaxis test (PCA) for the “allor none” determination of allergenicity of bovine whey proteins and peptides. *Clin. Exp. Allergy*. 1987, 17, 75–83.

Q

Qiu, D., Chen, Z. R., Li, H. R. Effect of heating on solid beta-carotene. *Food Chemistry*. 2009, 112, 344-349.

R

Raffo, A., La Malfa, G., Fogliano, V., Malani, G., and Quaglia, G. Seasonal variations in antioxidant components of cherry tomatoes (*Lycopersicon esculentum* cv. Naomi F1). *Journal of Food Composition and Analysis*. 2006, 19, 11-19.

Rajchl A., Voldřich M., Čížková H., Hronová M., Ševčík R., Dobiáš J., & Pivoňka J. (2010). Stability of nutritionally important compounds and shelf life prediction of tomato ketchup. *Journal of Food Engineering*. 99, 4, 465-470.

Rao A.V. & Rao L.G. Carotenoids and human health. *Pharmacological Research*. 2007, 55, 207-216.

Reche M, Pascual CY, Vicente J, Caballero T, Martin-Munoz F, Sanchez S, Martin-Esteban M. Tomato allergy in children and young adults: cross-reactivity with latex and potato. *Allergy*. 2001 ,56, 1197-201.

Reboul E., Klein A., Bietrix F., Gleize B., Malezet-Desmoulins C., Schneider M., Margotat A., Lagrost L., Collet X., & Borel P. Scavenger receptor class B type I (SRBI) is involved in vitamin E transport across the enterocyte. *Journal of Biological Chemistry*. 2006, 281, 4739-4745.

Règleme Reboul E., Borel P., Mikail C., Abou L., Charbonnier M., Caris-Veyrat C., Goupy P., Portugal H., Lairon D., & Amiot M.J. Enrichment of tomato paste with 6% of tomato peel increases lycopène and B-carotene bioavailability in men. *The Journal of Nutrition*. 2005, 790- 795.

Règlement (CEE) N° 1764/86 De La Commission du 27 mai 1986 fixant des exigences minimales de qualité pour les produits transformés à base de tomates dans le cadre du régime d'aide à la production. 1986R1764-FR-01.05.2004-004.001; 26.05.2001-003.001.

Références bibliographiques

Riccioni, G. Carotenoids and Cardiovascular Disease. *Current Atherosclerosis Reports*. 2009, *11*, 434-439.

Rickman, J. C., Barrett, D. M., Bruhn, C. M. Nutritional comparison of fresh, frozen and canned fruits and vegetables. Part 1. Vitamins C and B and phenolic compounds. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2007, *87*, 930-944.

Rimm, E. B., Ascherio, A., Giovannucci, E., Spiegelman, D., Stampfer, M. J., and Willett, W. C. Vegetable, fruit, and cereal fiber intake and risk of coronary heart disease among men. *JAMA*. 1996, *275*, 447-451.

Roa, A. V. *Tom nt (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; *tomatoes, Lycopene and Human Health Preventing Chronic Diseases*. Caledonian Science Press. Badalona, 2006.

Rocco, M., Ambrosio, C., Faurbert, M. Proteomic analysis of tomato fruits from tow ecotypes during.2006, 3781-3791.

Rodrigo I, Vera P, Frank R, Conejero V. Identification of the viroid-induced tomato pathogenesisrelated (PR) protein P23 as the thaumatin-like tomato protein NP24 associated with osmotic stress. *Plant Mol Biol*. 1991, *16*, 931-465.

Rojas A.M. & Gerschenson L.N. Ascorbic Acid Destruction in Sweet Aqueous Model Systems. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.*, 1997, *30*, 567–572.

Rojas, A. M., Gerschenson, L. N. Ascorbic acid destruction in aqueous model systems: an additional discussion, *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2001, *81*, 1433-1439.

Références bibliographiques

Rougereau, A. Technique d'analyse et de contrôle de la qualité dans l'industrie agroalimentaire. *TEC&DOC, Lavoisier éd.* 1981. Vol. 5, 246-247.

Ruiter, B., and Shreffler, W.G. Innate immunostimulatory properties of allergens and their relevance to food allergy. *Semin. Immunopathol.* 2012, *34*, 617–632.

S

Sahlin, E., Savage, G. P., Lister, C. E. Investigation of the antioxidant properties of tomatoes after processing. *Journal of Food Composition and Analysis.* 2004, *17*, 635-647.

Saito T., Matsukura C., Ban Y., Shoji K., Sugiyama M., Fukuda N., & Nishimura S. Salinity stress affects assimilate metabolism at the gene-expression level during fruit development and improves fruit quality in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *J. Jpn. Soc. Hortic. Sci.* 2008, *77*, 61–68.

Sampson, H.A., Aceves, S., Bock, S.A., James, J., Jones, S., Lang, D., Nadeau, K., Nowak-Wegrzyn, A., Oppenheimer, J., Perry, T.T., et al. Food allergy: a practice parameter update-2014. *J. Allergy Clin. Immunol.* 2014, *134*, 1016–1025.

Sanchez, M. C., Valencia, C., Gallegos, C., Ciruelos, A., Latorre, A. Influence of processing on the rheological properties of tomato paste. *Journal of the Science of Food and Agriculture.* 2002, *82*, 990-997.

Sanchez-Moreno, C., Plaza, L., Ancos, B., Cano, M. P. Nutritional characterisation of commercial traditional pasteurised tomato juices: carotenoids, vitamin C and radical-scavenging capacity. *Food Chemistry.* 2006, *98*, 749–756.

Santé Canada. Fichier canadien sur les éléments nutritifs. 2012. [Consulté le 21 avril 2013]. www.hc-sc.gc.ca.

Références bibliographiques

Sawadogo, I., Koala, M., Dabire, C., Ouattara, L. P., Vbegjet, B., Hema, A., Gnoula, C., Pale, E., Nebie, R. Etude de l'influence des modes de transformation sur les teneurs en lycopène de quatre variétés de tomates de la région du nord du Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. 2015, 2, 24-34.

Scheurer, S., Toda, M., and Vieths, S. What makes an allergen? *Clin. Exp. Allergy*. 2015, 45, 1150–1161.

Seppala U, Palosuo T, Seppala U, Kalkkinen N, Ylitalo L, Reunala T, Turjanmaa K, Reunala T. IgE reactivity to patatin-like latex allergen, Hev b 7, and to patatin of potato tuber, Sol t 1, in adults and children allergic to natural rubber latex. *Allergy*. 2000, 55, 266-73.

Servais, C., Jones, R., Roberts, I. The influence of particle size distribution on the processing of food. *Journal of Food Engineering*. 2002, 51, 201-208.

Sesso H.D., Buring J.E., Norkus E.P., & Gaziano J.M. Plasma lycopene, other carotenoids, and retinol and the risk of cardiovascular disease in women. *Am J Clin Nutr*. 2004, 79, 47-53.

Sesso, H. D. Carotenoids and cardiovascular disease: what research gaps remain?, *Current Opinion in Lipidology*. 2006, 17, 11-16 10.

Seybold, C., Frohlich, K., Bitsch, R., Otto, K., Bohm, V. Changes in contents of carotenoids and vitamin E during tomato processing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2004, 52, 7005-7010.

Shi, J., Le Maguer, M. Lycopene in tomatoes: chemical and physical properties affected by food processing. *Critical Reviews in Biotechnology*. 2000, 20, 293- 334.

Références bibliographiques

Simpson R., Almonacid S., López D., & Abakarov A. Optimum design and operating conditions of multiple effect evaporators: Tomato paste. *Journal of Food Engineering*. 2008, 89, 4, 488-497.

Sogi, D. S., Shivhare, U. S., Garg, S. K., Bawa, A. S. Water Sorption Isotherm and Drying Characteristics of Tomato Seeds. *Biosystems Engineering*. 2003, 84, 297-301.

Stimestad, R., and Verheul, M. J. Content of chalconaringenin and chlorogenic acid in cherry tomatoes is strongly reduced during postharvest ripening. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2005, 53, 7251-7256.

T

Takeoka, G. R., Dao, L., Flessa, S., Gillespie, D. M., Jewell, W. T., Huebner, B., Bertow, D., Ebeler, S. E. Processing effects on lycopene content and antioxidant activity of tomatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2001, 49, 3713-371.

Tehrani M.M. & Ghandi A. Modification of Bostwick method to determine tomato concentrates consistency. *Journal of Food Engineering*. 2007, 79, 1483-1486.

Thybo A.K., Edelenbos M., Christensen L.P., Sorensen J.N., & Thorup-Kristensen K. Effect of organic growing systems on sensory quality and chemical composition of tomatoes. *LWT*. 2006, 39, 835-843.

Tibäck, E. A., Svelander, C. A., Colle, I. J. P., Altskär, A. I., Alminger, M. A. G., Hendrickx, M. E. G., Ahrné, L. M., Langton, M. I. B. C. Mechanical and thermal pretreatments of crushed tomatoes: effects on consistency and in vitro accessibility of lycopene. *Journal of Food Science*. 2009, 74, E386-E395.

Références bibliographiques

Toor, R. K., and Savage, G. P. Antioxidant activity in different fractions of tomatoes. *Food Research International*. 2005, 38, 487-494.

Toor, R. K., Savage, G. P., and Lister, C. E. Seasonal variations in the antioxidant composition of greenhouse grown tomatoes. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2006, 19, 1-10.

Tsatsaronis, G. C., Boskou, D. G. Amino acid and mineral salt content of tomato seed and skin waste, *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 1975, 26, 421-423.

U

USDA/CNPP. USDA national nutrient database for standard reference, <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/Data/SR16/reports/sr16fg11.pdf>, U.S. agricultural research service ,2007.

V

Valencia, C., Sanchez, M. C., Ciruelos, A., Latorre, A., Franco, J. M., Gallegos, C. Linear viscoelasticity of tomato sauce products: influence of previous tomato paste processing. *European Food Research and Technology*. 2002, 214, 394-399.

Van Breemen, R. B., and Pajkovic, N. Multitargeted therapy of cancer by lycopene. *Cancer Letters*. 2008, 269, 339-351.

Verhoeckx, K., Vissers, Y., Baumert, J.L., Faludi, R., Feys, M., Flanagan, S., Herouet-Guicheney, C., Holzhauser, T., Shimojo, R., van der Bolt, N., et al. Food processing and allergenicity. *Food Chem. Toxicol.* 2015, 80, 223–240.

Références bibliographiques

Vierling E. Aliments et boissons : technologies et aspects réglementaires (dans la série : Science des aliments) éd : Doin éditeurs ISBN : 2-7040-0818-3. 1998, pp : 89-91 ; 107-108 ; 112-119.

Visioli, F., Riso, P., Grande, S., Galli, C., and Porrini, M. Protective activity of tomato products on in vivo markers of lipid oxidation. *European Journal of Nutrition*. 2003, 42, 201-206.

W

Weangripanaval,T., Nomura,N., Moriyama,T., Ohta,N., Ogawa,T. Identification of suberization-associated anionic peroxidase as a possible allergenic protein from tomato. *Bioscience Biotechnology and Biochemistry*. 2003, 67, 1299-1304.

Westphal S, Kolarich D, Foetisch K, Lauer I, Altmann F, Conti A, Crespo JF, Rodriguez J, Enrique E, Vieths S, Scheurer S. Molecular characterization and allergenic activity of Lyc e 2 (β -fructofuranosidase), a glycosylated allergen from tomato. *Eur. J. Biochem*. 2003, 270, 1324-37.

Westphal S, Kempf W, Foetisch K, Retzek M, Vieths S, Scheurer S .Tomato profilin Lyc e 1: IgEcross-reactivity and allergenic potency. *Allergy*, 2004, 59, 526-32.

Willerroider M, Fuchs H, Ballmer-Weber BK, Focke M, Susani M, Thalhamer J, Ferreira F,Wuthrich B, Scheiner O, Breiteneder H, Hoffmann-Sommergruber K. Cloning and molecular and immunological characterisation of two new food allergens, Cap a 2 and Lyc e 1, profilins from bell pepper (*Capsicum annuum*) and Tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Int Arch Allergy Immunol*. 2003, 131, 245-55.

Willcox, B. J., Curb, J. D., and Rodriguez, B. L. Antioxidants in cardiovascular health and disease: Key lessons from epidemiologic studies. *The American Journal of Cardiology*. 2008, 101, S75-S86.

Références bibliographiques

X

Xianquan S., Shi J., Kakuda Y., & Yueming J. Stability of lycopene during food processing and storage. *J Med Food*. 2005, 8, 4, 413-422.

Y

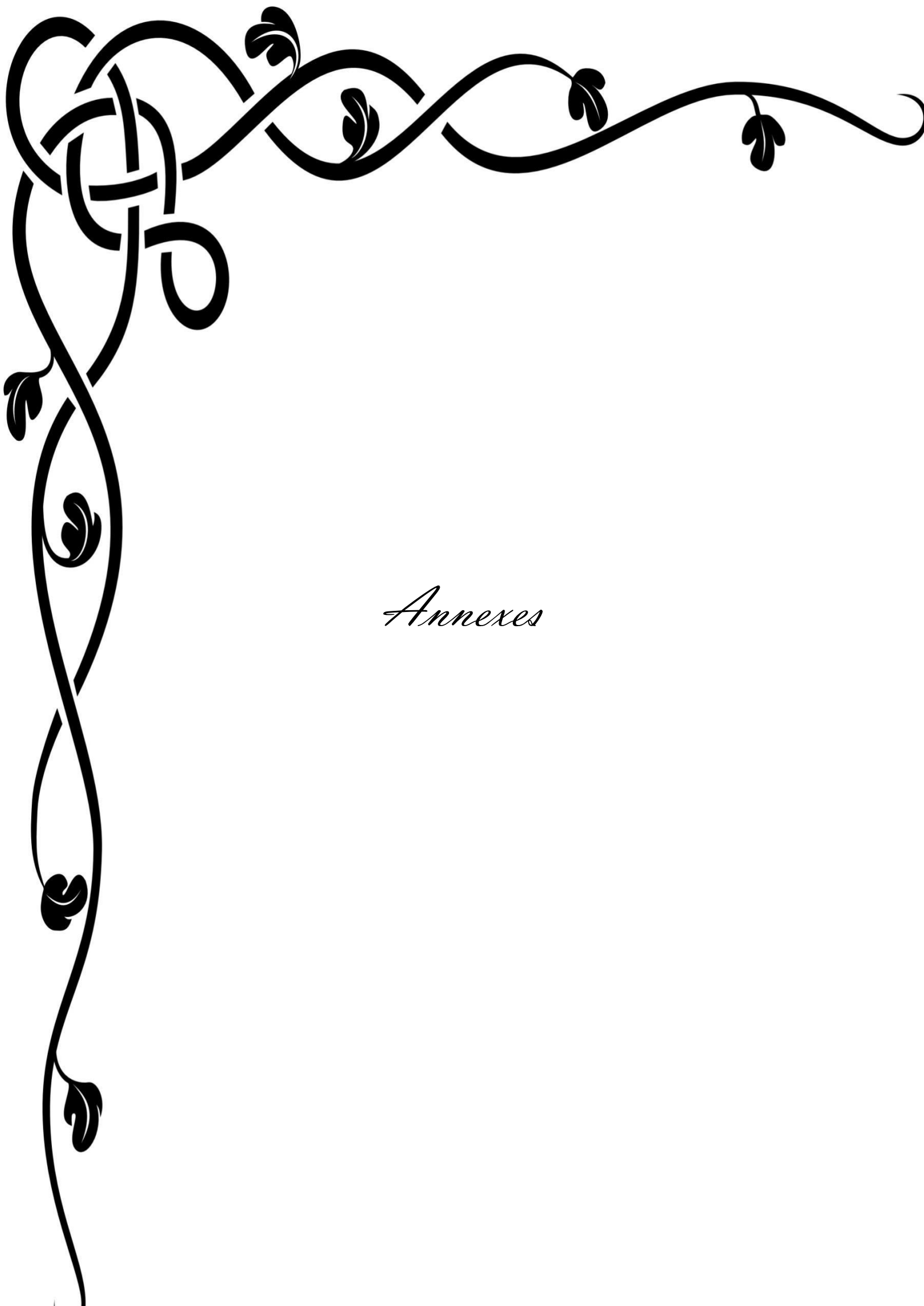
Yamagushi, M., World Vegetables. Principles, Production and Nutritive Values, Ellis Horwood Limited, Westport, 1983, 76p.

Yokota, T., Etoh, H., Oshima, S., Hayakawa, K., Ishiguro, Y. Oxygenated lycopene and dehydrated lutein in tomato puree, *Bioscience Biotechnology and Biochemistry* , 2003, 67, 2644-2647;

Z

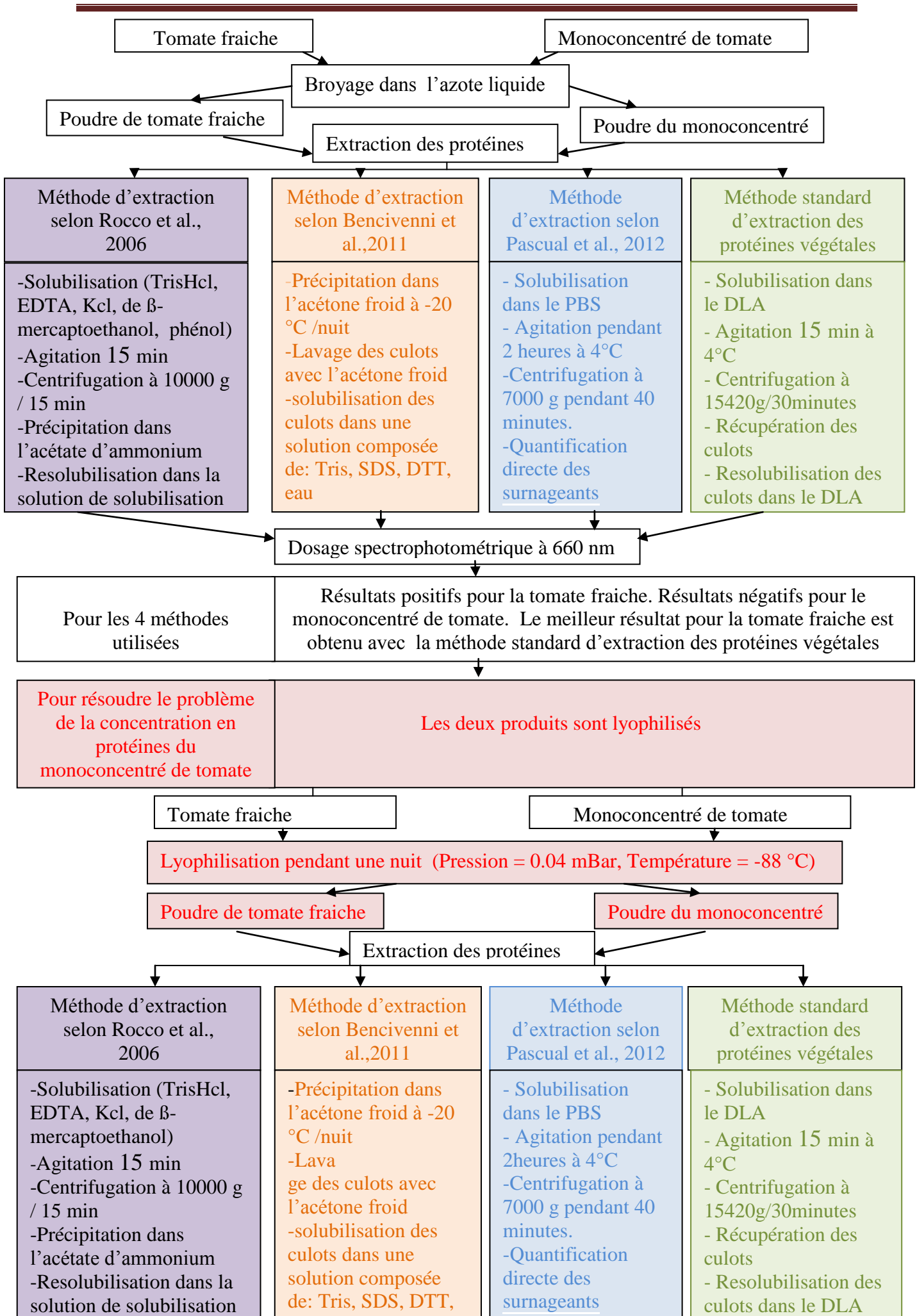
Zhou B., Wu L.-M., Yang L., & Liu Z.-L. Evidence for alpha-tocopherol regeneration reaction of green tea polyphenols in SDS micelles. *Free Radical Biology and Medicine*.2005, 38, 78-84.

Zuber F., Biton M., & Cazier A. Conception et validation des barèmes d'appertisation - F2032 Pack Agroalimentaire. 2008, Techniques de l'ingénieur.

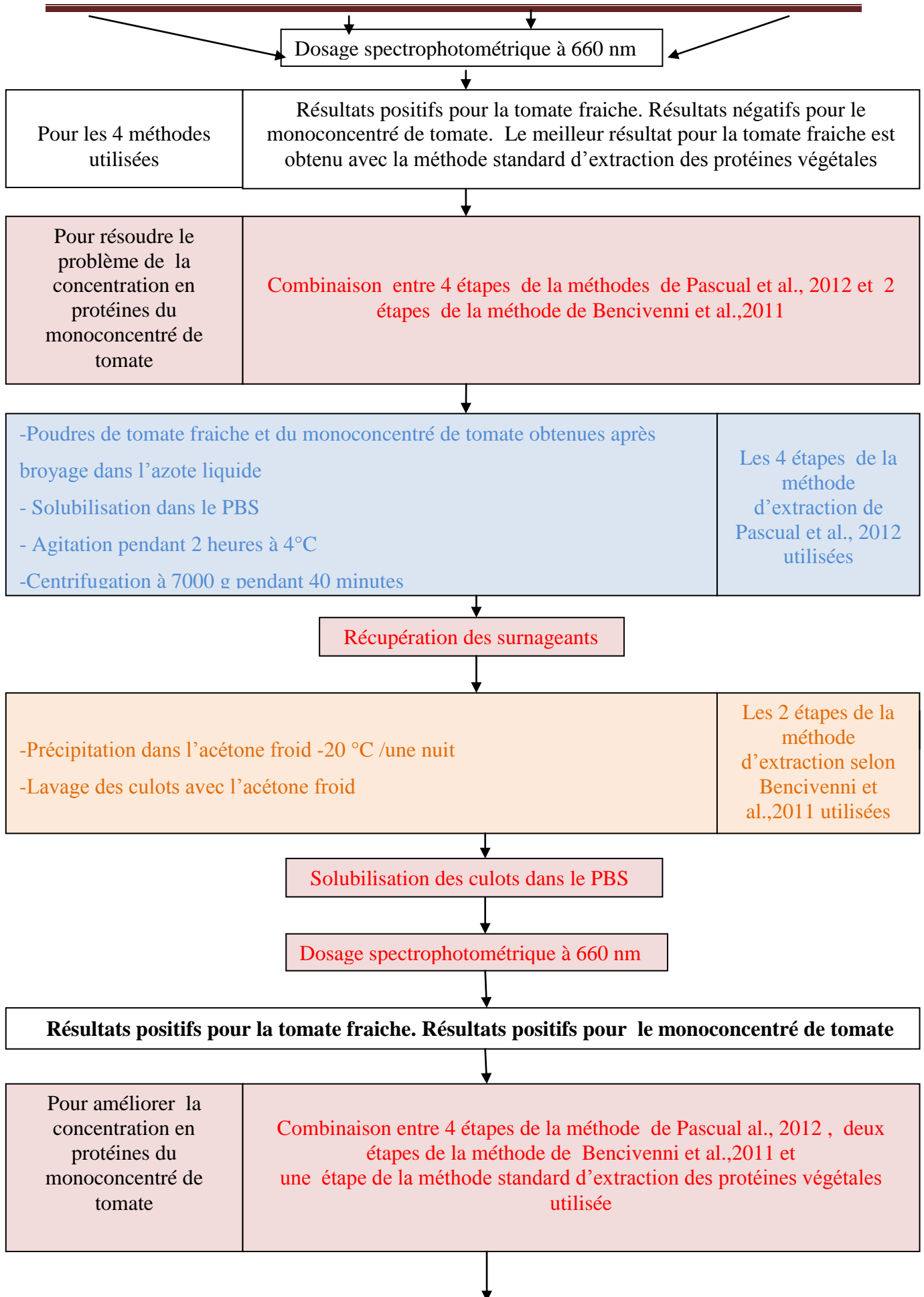


Annexes

Annexes



Annexes



Annexes

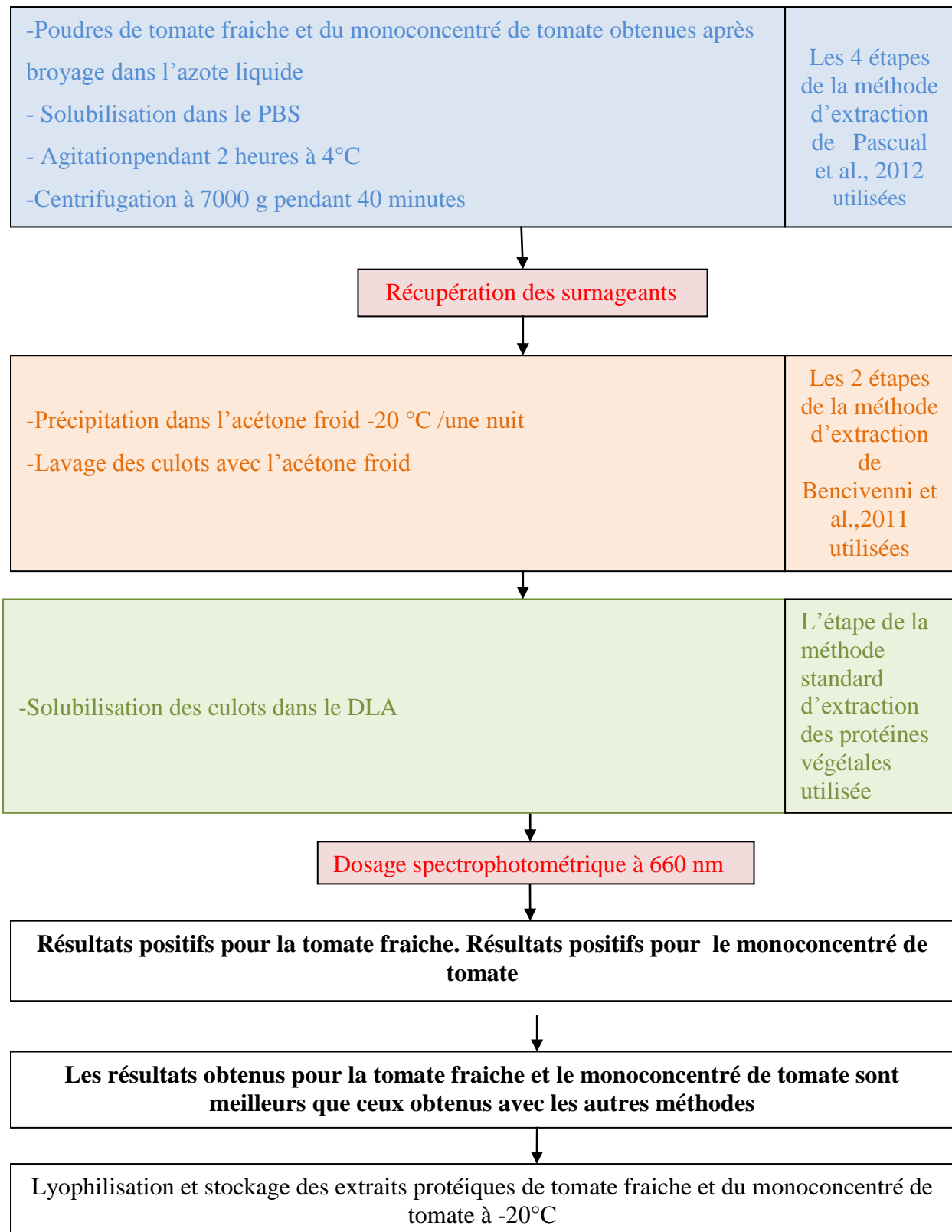
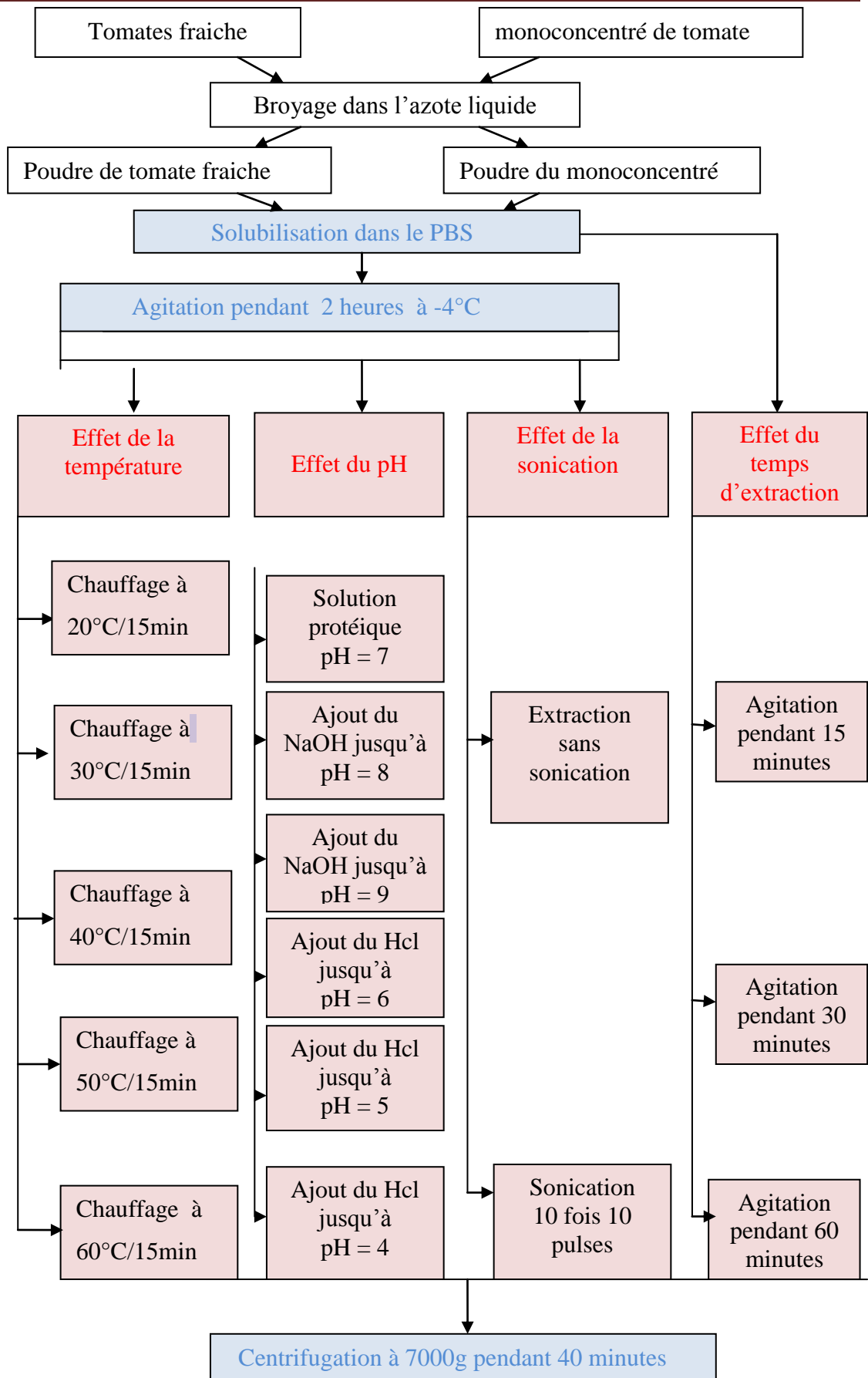


Figure N°1: Mise au point de la méthode d'extraction des protéines de la tomate fraiche et du monoconcentré de tomate

Annexes



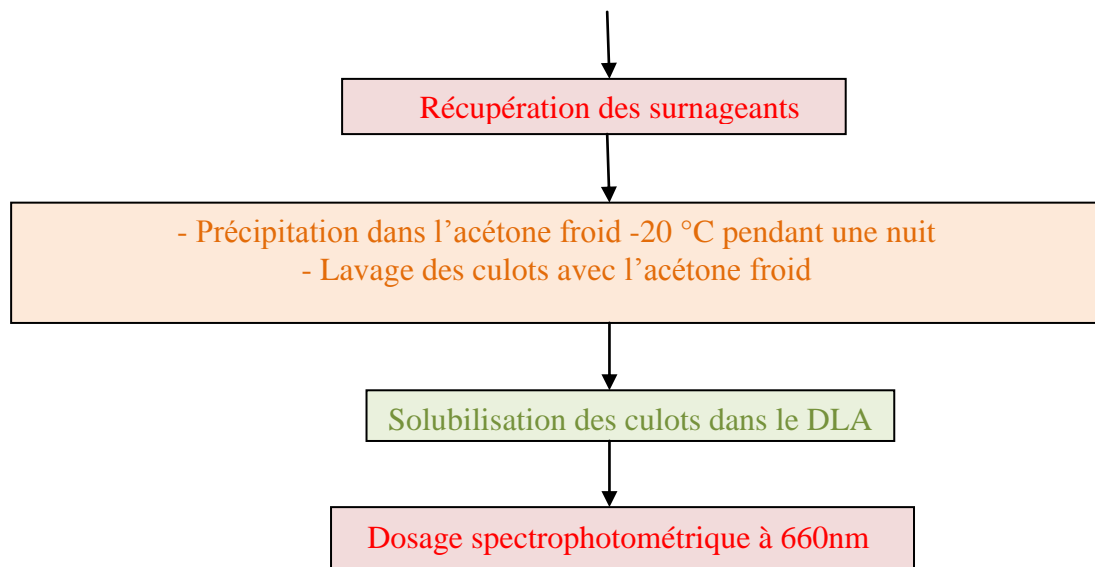
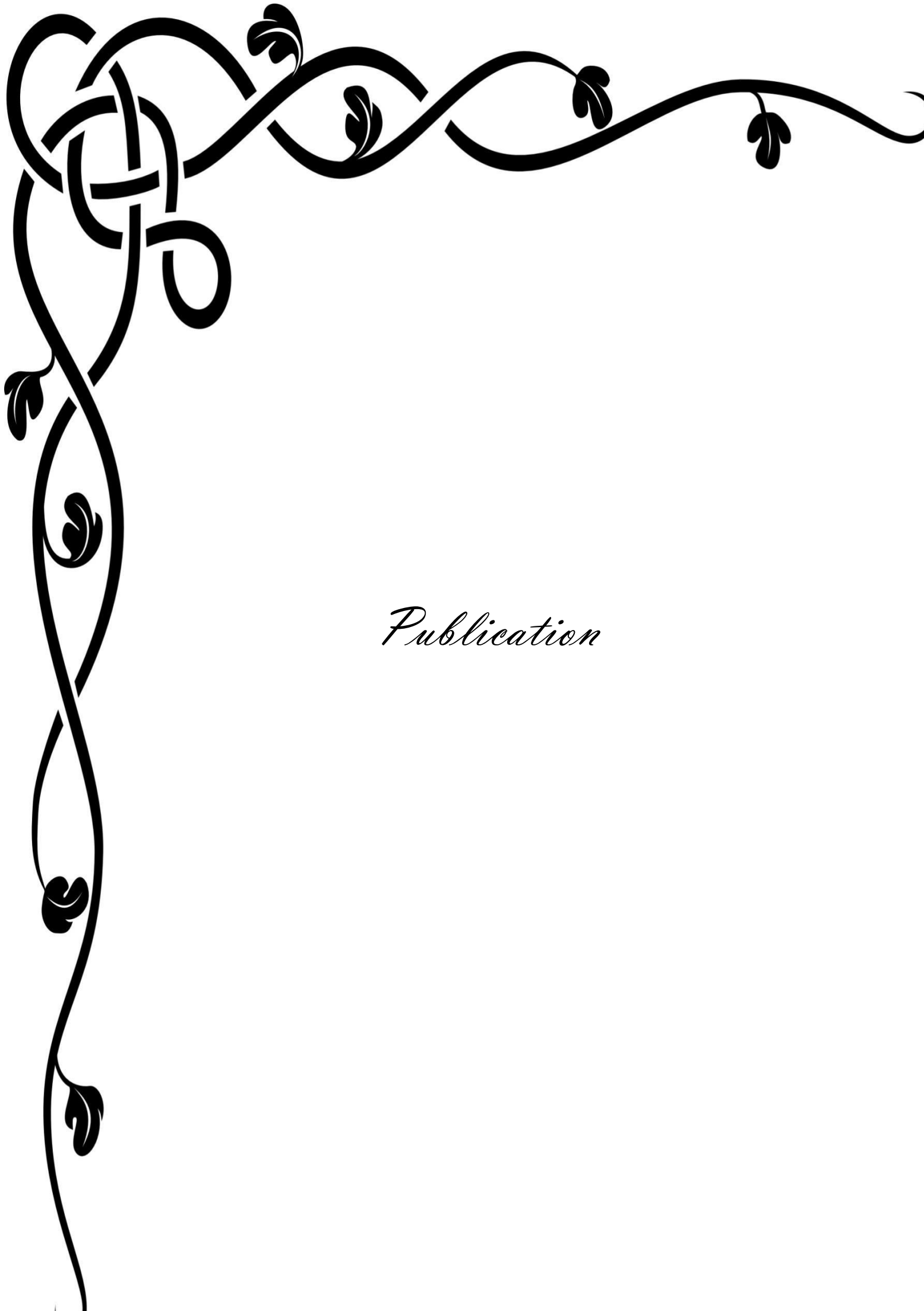


Figure N°2: Effets de la sonication, du pH, de la température et du temps d'extraction sur l'extraction des protéines de la tomate fraîche et du monoconcentré de tomate réalisé par la méthode mise au point obtenue par combinaison de certaines étapes des méthodes de Pascual et al .,2012, Bencievanni et al., 2011 et la méthode standard d'extraction des protéines végétales



Publication

ORIGINAL RESEARCH PAPER

THE VARIATIONS OF THE PHYSICOCHEMICAL PARAMETERS OF THE MONOCONCENTRATED TOMATO ACCORDING TO THE TECHNOLOGICAL PROCESS

VARIATIONS DES PARAMETRES PHYSICOCHIMIQUES DU MONOCONCENTRE DE TOMATE EN FONCTION DU PROCESSUS TECHNOLOGIQUE

Abir Becheker*, Aissa Boutebba

*Badji Mokhtar University, Faculty of sciences, Department of
biochemistry, B.P. 12, Sidi- Ammar 23000, Annaba, Algeria*

*Corresponding author: bechekerabir@hotmail.com

Received: June, 13, 2018

Accepted: August, 22, 2019

Abstract: During technological process of manufacture of the monoconcentrated tomato, the crushed fresh tomato is preheated and filtered. The juice obtained is concentrated, pasteurized and then sterilized. In order to evaluate the variations of the physicochemical parameters according to the technological process, it is used the normalized standard methods. The liners correlations coefficients are calculated with the MiniTab software. At the time of preheating and filtration, the levels of Brix, ascorbic acid, α -tocopherol, reducing sugars, β -carotene, lycopene, proteins, the color and the brightness decrease. At the level of concentration, there is an increase in these parameters. During pasteurization and sterilization, levels of Brix, ascorbic acid, α -tocopherol and reducing sugars decrease while levels of lycopene and β -carotene, the color and the brightness increase. The protein content remains stable. Throughout the technological process, some parameters have similar variations way. The existence of linear and non-linear relationships between specific physicochemical parameters is proven.

Keywords: *filtration, monoconcentrated tomato, physicochemical parameters, thermic treatments, tomato juice*

INTRODUCTION

La tomate *Lycopersicon esculentum* est l'une des cultures maraîchères les plus répandues dans le monde. Elle est largement consommée pour ses propriétés nutritionnelles et organoleptiques [1, 2] et particulièrement pour son apport en terpènes caroténoïdes antioxydants très puissants : le lycopène et le β -carotène [3] responsables de la couleur rouge de la tomate [4] participant dans les phénomènes de détoxifications cellulaires aidant à la prévention de différents types de cancers [5] notamment celui de la prostate [6 – 8] et réduisant le risque de maladies cardio-vasculaires [9, 10]. A ces deux molécules, il est ajouté dans le bilan du pouvoir antioxydant l' α -tocophérol et l'acide ascorbique présents en quantités appréciables dans la tomate [11 – 13]. Plusieurs études ont montré que la bio accessibilité du lycopène et du β -carotène des tomates cuites est plus grande que celles des tomates crues [14, 15]. Cet aliment est très fragile et périssable. Sa teneur en eau supérieure à 85 % est souvent à l'origine des pertes post-récoltes. Ces dernières peuvent atteindre plus de 40 % dans beaucoup de pays [16]. Le développement des techniques de conservation a pallié à ce problème. L'industrie de transformation technologique vise à conserver ce fruit estival pour qu'il soit disponible durant toute l'année. Il est transformé en différents produits. Cependant les différentes phases du processus technologique de fabrication des concentrés de tomate affectent les paramètres physicochimiques [17, 18]. En effet, les microconstituants sensibles à la chaleur peuvent être partiellement dégradés lors des réactions d'oxydation et d'isomérisation [19 – 21]. Le but actuel des conservateurs est la réduction des barèmes de stérilisation pour l'amélioration de la qualité, tout en maintenant la sécurité sanitaire en assurant la destruction ou l'inhibition des enzymes, des toxines et des microorganismes pathogènes ou non pathogènes capables de proliférer aux températures normales d'entreposage et de distribution sans réfrigération [1]. Il est important de préserver les nutriments tout au long des étapes de traitements mécaniques et thermiques. Le monoconcentré de tomate est destiné à la fabrication des sauces et des purées employées dans des préparations culinaires, du Ketchup, des jus etc. Ce produit obtenu à partir du triple ou du double concentré de tomate nécessite une grande quantité d'énergie [22]. Le processus technologique en Hot-Break et en continu de fabrication du monoconcentré de tomate réduit significativement la quantité d'énergie utilisée. La majorité des études réalisées jusqu'à présent se sont intéressées aux teneurs en microconstituants dans le triple et le double concentré de tomate sans suivre leurs évolutions tout au long du processus technologique. C'est dans ce contexte de dérivés de tomate que s'inscrit ce travail consacré à l'évaluation des variations des paramètres physicochimiques en fonction des phases du processus technologique de fabrication du monoconcentré de tomate par la méthode Hot-Break en continu.

MATERIEL ET METHODES

Matériel biologique

Les variétés de tomates AB 2 F1, Joker F1, Keylargo F1, Loubna F1, Maria F1, Mirsini F1, Navara F1, Super Red F1 et Vespro F1 sont cultivées début mars en plein champs dans des conditions bio dans les régions de Guelma, Annaba, El-taref et Skikda

(Algérie). La récolte est faite manuellement en juillet lorsqu'au moins 80 % des fruits sont rouges.

La tomate fraîche lavée et triée est découpée automatiquement, broyée, préchauffée et filtrée à une température moyenne de 64,66 °C pendant 20 min. Le jus obtenu subit une évaporation de l'eau à 88,23 °C durant 2 h dans un système équipé d'un réfractomètre de station jusqu'à 22 % de Brix. Le concentré pasteurisé à 91,7 °C pour 20 min mis en boîte est stérilisé à 95,1 °C en 10 min puis refroidit.

Détermination de la charge microbienne et du test de stabilité du pH

Pour le calcul de la valeur stérilisatrice, la recherche des germes aérobies à 30°C [23], des entérobactéries [24], des coliformes totaux [25], des staphylocoques [26], des clostridium sulfitoréducteurs [27], des salmonelles [28], des levures [29] et des moisissures [29] ainsi que le test de stabilité du pH [30] sont fait sur le jus frais et le produit fini des récoltes des années 2015, 2016 et 2017. Les données microbiologiques sont représentées dans le Tableau 1.

Tableau 1. Charge microbienne totale des jus frais de tomates et des produits finis obtenus des récoltes 2015, 2016 et 2017

Charge microbienne du jus frais et du produit fini de la récolte 2015		
Germes	Jus de tomate	Produit fini
Germes aérobies à 30°C (NF V08-051)	60.10 ² UFC	Absence
Entérobactéries (NF V 08-025)	Absence	Absence
Coliformes totaux (NF V08-050)	Absence	Absence
Staphylocoques (NF 08-057)	Absence	Absence
Clostridium sulfitoréducteurs (NF 08-V05)	Absence	Absence
Salmonelles (NF 08-052)	Absence	Absence
Levures (NF XP- 08-059)	Absence	Absence
Moisissures (NF XP- 08-059)	1	Absence
Charge microbienne du jus frais et du produit fini de la récolte 2016		
Germes	Jus de tomate	Produit fini
Germes aérobies à 30 °C (NF V08-051)	58.10 ² UFC	Absence
Enterobactéries (NF V 08-025)	Absence	Absence
Coliformes totaux (NF V08-050)	Absence	Absence
Staphylocoques (NF 08-057)	Absence	Absence
Clostridium sulfitoréducteurs (NF 08-V05)	Absence	Absence
Salmonelles (NF 08-052)	Absence	Absence
Levures (NF XP- 08-059)	Absence	Absence
Moisissures (NF XP- 08-059)	1	Absence
Charge microbienne du jus frais et du produit finis de la récolte 2017		
Germes	Jus de tomate	Produit fini
Germes aérobies à 30 °C (NF V08-051)	62.10 ² UFC	Absence
Enterobactéries (NF V 08-025)	Absence	Absence
Coliformes totaux (NF V08-050)	Absence	Absence
Staphylocoques (NF 08-057)	Absence	Absence
Clostridium sulfitoréducteurs (NF 08-V05)	Absence	Absence
Salmonelles (NF 08-052)	Absence	Absence
Levures (NF XP- 08-059)	Absence	Absence
Moisissures (NF XP- 08-059)	1	Absence

Conception et validation des barèmes de stérilisation

La conception et la validation des barèmes de stérilisation sont effectuées grâce au logiciel de calcul normalisé par le CTCPA (Centre Technique de la Conservation des Produits Agricoles - France). Les barèmes de stérilisation et les paramètres technologiques sont représentés dans le Tableau 2.

Tableau 2. Barèmes de stérilisation et paramètres utilisés dans le processus technologique de fabrication du monoconcentré de tomate

Paramètres technologiques	Années de récoltes					
	2015		2016		2017	
	Barèmes de stérilisation					
	91,4 °C 20 min	94,7 °C 10 min	92,4 °C 20 min	95,9 °C 10 min	91,5 °C 20 min	94,9 °C 10 min
Débit [L·h ⁻¹]	10200	8533	10300	8600	10200	8533
Capacité de chambrage [L]	442	442	442	442	442	442
Valeur caractérisant la pente de la courbe de mortalité de la population microbienne [°C]	10	10	10	10	10	10
Température de référence [°C]	90	90	90	90	90	90
P (valeur stérilisatrice)	25	42	28	45	26	43
P° (valeur stérilisatrice spécifique)	>10	>10	>10	>10	>10	>10
Refroidissement [°C]	37	37	37	37	37	37

Prélèvement des échantillons en fonction des étapes du processus technologique

Les échantillons prélevés au niveau de chaque étape du processus technologique pour la fabrication du monoconcentré de tomate par la méthode Hot-Break en continu et dans des conditions d'asepsie numérotés et conservés dans un réfrigérateur à $5 \pm 1^\circ\text{C}$ sont indiqués dans le Tableau 3.

Détermination des paramètres physicochimiques des échantillons

Détermination du taux de Brix

Le Brix représente la concentration en saccharose d'une solution aqueuse ayant le même indice de réfraction que le produit analysé. Il est déterminé au moyen d'un réfractomètre MASELI LR-02 (Parma, Italie) [31]. L'indice de réfraction de la solution est mesuré à 25°C et exprimé par le pourcentage en masse [32].

Détermination du pH

Le pH est une expression globale de l'acidité d'un produit. Les mesures sont réalisées grâce à un pH-mètre digital (Mettler Toledo, Global MarCom, Suisse) [33].

Tableau 3. Echantillons prélevés au niveau de chaque étape du processus technologique de fabrication du monoconcentré de tomate

Echantillons Années de récoltes	Jus frais [Jf]	Jus préchauffé et filtré [Jpf]	Monoconcentré de tomate avant pasteurisation [MCT]	Monoconcentré de tomate pasteurisé [MCTP]	Monoconcentré de tomate stérilisé [MCTS]
2015	Jus frais de tomate entière	Prélèvement après préchauffage et filtration à 64 °C pendant 20 min	Prélèvement après concentration à 88,5 °C pendant 2 h	Prélèvement après pasteurisation à 91,4 °C pendant 20 min	Prélèvement après stérilisation à 94,7 °C pendant 10 min
2016	Jus frais de tomate entière	Prélèvement après préchauffage et filtration à 66 °C pendant 20 min	Prélèvement après concentration à 88,7 °C pendant 2 h	Prélèvement après pasteurisation à 92,4 °C pendant 20 min	Prélèvement après stérilisation à 95,9 °C pendant 10 min
2017	Jus frais de tomate entière	Prélèvement après préchauffage et filtration à 64 °C pendant 20 min	Prélèvement après concentration à 87,5 °C pendant 2 h	Prélèvement après pasteurisation à 91,5 °C pendant 20 min	Prélèvement après stérilisation à 94,9 °C pendant 10 min
Moyennes de température de chauffage	Témoin	Température moyenne de préchauffage 64,66 °C	Température moyenne de concentration 88,23 °C	Température moyenne de pasteurisation 91,7 °C	Température moyenne de stérilisation 95,1 °C
Moyenne de temps de chauffage		Temps moyen de préchauffage 20 min	Temps moyen de concentration 2 h	Temps moyen de pasteurisation 20 min	Temps moyen de stérilisation 10 min

Détermination de la viscosité

La viscosité est un facteur technologique important en relation avec la teneur en substances insolubles dans l'alcool : protéines, pectine, polysaccharides [34, 35]. Elle est l'effet combiné des liquides, matières solubles, insolubles, en suspension, contribuant à la consistance de la pâte de tomate [36 – 38]. Elle est exprimée par la distance parcourue après 30 secondes par le monoconcentré de tomate préalablement dilué jusqu'à 12 % de Brix à 25 °C dans le couloir d'écoulement du viscosimètre Bostwick (LABOMAT, France). Les valeurs sont données en cm Bostwick [39].

Détermination de l'acidité titrable

L'acidité titrable est la mesure approximative de la teneur totale en acides organiques naturels. Elle est effectuée par titration avec NaOH 0,1 N (Emsure®) en présence d'un indicateur coloré la phénolphtaléine (Biopharm®) jusqu'au virage à pH =8. Les résultats sont exprimés en acide citrique monohydraté prédominant dans la tomate [40].

Détermination du rapport des couleurs rouges sur jaune et la luminosité

La couleur et la luminosité sont effectuées grâce un colorimètre (ColorFlex EZ, HunterLab, Etats-Unis) avec optique 0/45. Il est fixé la luminosité (L) et les couleurs rouge (a) et jaune (b). Il est déduit le rapport a/b [41].

Détermination du Lycopène et du β -carotène

Le lycopène est le terpène le plus abondant dans la tomate. Il est responsable de la couleur rouge. Il se trouve dans la peau et la pulpe du fruit [4]. Après dilution du concentré de tomate avec de l'eau distillée, le lycopène et le β -carotène sont mis en évidence par spectrophotométrie à $\lambda = 502$ nm (Masseli LC-01, MASSELI MESURE, Italie). Les résultats sont exprimés en mg/100 g de produit [42].

Détermination de la teneur en sucres réducteurs

Les sucres représentent 65 % de la teneur en matière sèche des dérivées de tomate. Ils sont majoritairement des sucres réducteurs. Le glucose et le fructose sont en proportions approximativement égales [1]. Le taux de sucres réducteurs est réalisé par la méthode de Lane-Eynon sans conversion en utilisant la liqueur de Fehling (A+B). Ils sont donnés en pourcentage de sucre converti par 100 g de matière sèche [43].

Détermination de l'acide ascorbique (Vitamine C)

La vitamine C est dosé par volumétrie avec le 2,6-dichloro-phénol-indophénol (School – Tech Inc) [44]. Elle s'oxyde facilement en milieu alcalin en acide déhydroascorbique. Son action réductrice sert de base à la révélation de ce composé chimique. A pH acide, elle décolore le 2,6-dichlorophénol. Cette réaction est quantitative et permet de caractériser l'ascorbémie [1].

Détermination de l' α -tocophérol (Vitamine E)

La vitamine E est le troisième antioxydant de la tomate après le lycopène et l'acide ascorbique. Après son extraction à l'éther de pétrole, elle est dosée par spectrophotométrie à $\lambda = 502$ nm (Masseli LC-01, Masseli Mesure, Italie) [45].

Détermination du taux des protéines totales

Les protéines sont particulièrement des enzymes impliquées dans le métabolisme au cours des étapes de développement et de maturation du fruit. Le taux de protéines totales est calculé en multipliant la teneur d'azote par le coefficient 6,25 selon la méthode de Kjeldhal. Il est présenté en mg/ 100g de produit [46].

Analyses statistiques

La moyenne arithmétique et l'écart – type de trois répétitions pour chaque paramètre physicochimique du jus frais, du jus préchauffé et filtré et du monconcentré de tomate avant et après pasteurisation et après stérilisation sont déterminés avec la tomate des récoltes des années 2015, 2016 et 2017. Les coefficients de corrélations linéaires entre différents paramètres physicochimiques sont calculés et leurs significations recherchées au niveau $\alpha = 0,05$, $\alpha = 0,01$ et $\alpha = 0,001$. Les calculs sont réalisés sont fait avec le logiciel d'analyse et de traitement statistique des données Minitab (v.16) (MiniTab Ltd, Royaume-Uni).

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Moyennes des paramètres physicochimiques et leurs variations en fonction du processus technologique de fabrication du monoconcentré de tomate

Les moyennes des paramètres physicochimiques et leurs variations en fonction du processus technologique de fabrication du monoconcentré de tomate obtenues avec la tomate des récoltes des années 2015, 2016 et 2017 sont représentées dans les Tableaux 4 et 5.

Tableau 4. Moyennes des paramètres physicochimiques du jus frais, du jus préchauffé et filtré et du monoconcentré de tomate avant et après pasteurisation et après stérilisation

	Echantillons	[Jf]	[Jpf]	[MCT]	[MCTP]	[MCTS]
	P. P					
Groupe 1	Brix [%]	5,630 ±0,170	5,480 ±0,252	22,731 ±0,295	22,330 ±2,014	22,040 ±0,013
	Sucres réducteurs [%]	12,747 ±0,012	10,183 ±0,017	48,206 ± 0,020	47,026 ±0,018	46,633 ±0,010
	Acide ascorbique [mg·100 g ⁻¹]	10,500 ±0,172	7,530 ±0,169	14,430 ± 0,158	12,470 ± 0,140	12,060 ±0,120
	α-tocophérol [mg·100 g ⁻¹]	0,560 ±0,030	0,430 ± 0,028	2,026 ± 0,030	2,016 ±0,019	1,960 ±0,050
	Lycopéne [mg·100 g ⁻¹]	35,030 ±0,013	34,449 ±0,013	52,190 ±0,014	52,262 ±0,012	52,361 ±0,012
Groupe 2	β-carotène [mg·100 g ⁻¹]	9,035 ±0,173	7,733 ±0,252	15,360 ± 0,290	15,537 ±0,190	16,421 ±0,186
	Rapport des couleurs rouge sur jaune a/b	2,293 ±0,014	2,170 ±0,054	2,290 ±0,047	3,120 ±0,067	3,170 ±0,069
	Luminosité	30,735 ±0,073	26,041 ±0,056	26,190 ±0,090	26,299 ±0,050	26,450 ±0,070
	Viscosité [cm Bw]	000	000	6,140 ± 0,164	6,604 ±0,013	7,030 ±0,090
	pH	4,240 ±0,152	4,210 ±0,160	4,130 ± 0,070	4,120 ±0,140	4,080 ±0,120
Groupe 3	Acidité titrable [%]	6,383 ±0,123	6,660 ±0,176	7,090 ± 0, 014	7,350 ±0,180	7,864 ±0,192
	Protéines [mg·100 g ⁻¹]	1,679 ±0,020	1,163 ±0,018	4,360 ± 0,029	4,360 ± 0,017	4,360 ±0,015

*P.P: Paramètres Physicochimiques

D'après le Tableau 4 montrant les phases de préchauffage à 64,66 °C pendant 20 min et filtration, de concentration à 88,23 °C durant 2 h, de pasteurisation à 91,7 °C pour 20 min et stérilisation à 95,1 °C en 10 min pour la tomate des récoltes des années 2015, 2016 et 2017, il est observé qu'au cours du préchauffage et filtration du jus, les taux de Brix, d'acide ascorbique, d' α -tocophérol, de sucres réducteurs, de β -carotène, de lycopène, de protéines et le rapport des couleurs rouge sur jaune et la luminosité décroissent. Ceci est dû à l'élimination de la peau et les graines comme déchets.

Ces parties du fruit contiennent la majeure partie des protéines et certains sucres réducteurs intervenant dans l'expression globale du Brix [47 – 50]. La peau est plus riche en lycopène et en β -carotène que la pulpe [51]. Le préchauffage provoque la dégradation de l'acide ascorbique et de l' α -tocophérol [52 – 57]. Au niveau de la concentration du jus, les taux de Brix, d'acide ascorbique, d' α -tocophérol, de sucres réducteurs, de β -carotène, de lycopène, de protéines et le rapport des couleurs rouge sur jaune et la luminosité augmentent. Cela est expliqué par l'évaporation d'eau jusqu'à 22 % de Brix. La pâte de tomate devient consistante. Concernant la pasteurisation et la stérilisation du monoconcentré de tomate, les traitements thermiques appliqués agissent de la même façon sur les paramètres physicochimiques. Les taux de Brix, d'acide ascorbique, d' α -tocophérol et de sucres réducteurs diminuent alors que les taux de lycopène et de β -carotène, le rapport des couleurs rouge sur jaune, la luminosité et la viscosité croissent. Il y a destruction et entrée en réaction de certains composés de la matière sèche ce qui conduit à une baisse du taux de Brix paramètre clé de la qualité du monoconcentré de tomate.

L'élévation de la température et le milieu acide causent le déclenchement du processus de brunissement non enzymatique ou réaction de Maillard provoquant la réduction du taux de sucres réducteurs [58 – 60] et la dégradation de l'acide ascorbique et de l' α -tocophérol en fonction du temps d'exposition [61 – 65]. Les températures suffisamment hautes engendrent la bioaccessibilité du β -carotène et de lycopène [66 – 71]. Ce dernier s'isomérisé et passe de la forme all-trans à la forme cis perçue comme une amélioration de la qualité [1]. Elles inhibent les enzymes pectinolytiques conduisant à un concentré de grande viscosité [72 – 74]. Cette dernière augmente, il y a perte de la consistance et ramollissement de la pâte de tomate. La modification des protéines fibreuses et la cellulose sont la cause de la diminution de la consistance [75, 76]. La teneur en protéines reste stable. La vapeur d'eau est envoyée sur le tube dans lequel le produit est dirigé vers la mise en boîte et le sertissage pour la pasteurisation et la stérilisation. Au cours de ces deux étapes aucune perte de monoconcentré de tomate n'est remarquée. C'est la raison de la stabilité du taux de protéines. Durant toutes les phases du processus technologique, il est constaté une baisse de pH et une augmentation de l'acidité dues à la libération des acides organiques, tels les acides acétique et citrique sous l'effet de la chaleur [77]. Il est distingué que les paramètres physicochimiques du groupe constitué des taux de Brix, d'acide ascorbique, d' α -tocophérol et de sucres réducteurs et ceux de l'ensemble formé par les taux de lycopène et de β -carotène, le rapport des couleurs rouge sur jaune et la luminosité varient de façon comparable à l'intérieur de chaque groupe. Il est observé que la viscosité du monoconcentré de tomate évolue avec les taux de lycopène et de β -carotène, le rapport des couleurs rouge sur jaune et la luminosité au cours des phases de pasteurisation et de stérilisation. Les teneurs en protéines changent comme les taux de Brix, d'acide ascorbique, d' α -

tocophérol, de sucres réducteurs, de β -carotène et de lycopène et le rapport des couleurs rouge sur jaune et la luminosité jusqu'au début de la phase de pasteurisation.

Tableau 5. Corrélations linéaires entre les paramètres de qualité de chacun des 4 groupes déterminés en fonction du processus technologique de fabrication du monoconcentré de tomate

Groupes	Paramètres de qualité		Coefficients de corrélations linéaires (r)	Valeurs des probabilités (p)
	Variables			
Groupe 1	Sucres réducteurs [%]	Brix [%]	r=+0,999***	p=0,000
	Acide ascorbique [mg·100 g ⁻¹]		r=+0,855	p=0,065
	α -tocophérol [mg·100 g ⁻¹]		r=+0,999***	p=0,000
	Acide ascorbique [mg·100 g ⁻¹]	Sucres réducteurs [%]	r=+0,872	p=0,054
	α -tocophérol [mg·100 g ⁻¹]		r=+1,000***	p=0,000
	Acide ascorbique [mg·100 g ⁻¹]	α -tocophérol [mg·100 g ⁻¹]	r=+0,873	p=0,053
Groupe 2	β -Carotène [mg·100 g ⁻¹]	Lycopène [mg·100 g ⁻¹]	r=+0,992***	p=0,001
	Rapport a/b		r=+0,704	p=0,184
	Luminosité		r=-0,546	p=0,341
	Viscosité [cm Bw]		r=+0,997***	p=0,000
	Rapport a/b	β -Carotène [mg·100 g ⁻¹]	r=+0,748	p=0,146
	Luminosité		r=-0,461	p=0,434
	Viscosité [cm Bw]		r=+0,993***	p=0,000
	Luminosité	Rapport a/b	r=-0,294	p=0,631
	Viscosité [cm Bw]		r=+0,752	p=0,143
	Luminosité	Viscosité [cm·Bw]	r=-0,558	p=0,328
Groupe 3	Brix [%]	Protéines [mg·100 g ⁻¹]	r=+0,994***	p=0,001
	Sucres réducteurs [%]		r=+0,997***	p=0,000
	α -tocophérol [mg·100 g ⁻¹]		r=+0,885*	p=0,04
	Acide ascorbique [mg·100 g ⁻¹]		r=+0,998***	p=0,000
	Lycopène [mg·100 g ⁻¹]		r=+0,996***	p=0,000
	β -Carotène [mg·100 g ⁻¹]		r=+0,995***	p=0,000
	Rapport a/b		r=+0,704	p=0,184
	Luminosité		r=-0,468	p=0,42
Groupe 4	pH	Acidité titrable [%]	r=-0,975	p=0,05

* Rapport a/b: Rapport des couleurs rouge sur jaune ; *: Corrélation linéaire significative au niveau $\alpha = 0,05$; **: Corrélation linéaire hautement significative au niveau $\alpha = 0,01$;*** : Corrélation linéaire très hautement significative au niveau $\alpha = 0,001$

D'après le Tableau 5, les coefficients de corrélations linéaires entre les taux de Brix et de sucres réducteurs et d' α -tocophérol, le taux de sucres réducteurs et d' α -tocophérol, le taux de lycopène et de β -carotène ainsi que la viscosité, le taux de β -carotène et la

viscosité, le taux de protéines avec les teneurs de Brix, de sucres réducteurs, d'acide ascorbique, de lycopène et de β -carotène et ceux calculés pour le taux de protéines avec l' α -tocophérol sont respectivement positifs très hautement significatifs et positifs significatifs. Il est prouvé l'existence de relations linéaires positives. Les coefficients de corrélations linéaires entre le taux d'acide ascorbique et de Brix, le taux de sucres réducteurs et d' α -tocophérol, le taux de lycopène et le rapport des couleurs rouge sur jaune aussi bien que la luminosité, le taux de β -carotène et le rapport des couleurs rouge sur jaune et la luminosité, le rapport des couleurs rouge sur jaune avec la luminosité et la viscosité, la viscosité et la luminosité et le taux de protéines avec le rapport des couleurs rouge sur jaune et la luminosité sont non significatifs. Il n'y a pas de relations linéaires entre les variables considérées.

CONCLUSION

Au cours du processus technologique de fabrication du monoconcentré de tomate par la méthode Hot-Break en continu avec la tomate des récoltes des années 2015, 2016 et 2017, au moment du préchauffage du jus à 64,66 °C pendant 20 min et filtration, les taux de Brix, d'acide ascorbique, d' α -tocophérol, de sucres réducteurs, de β -carotène, de lycopène, de protéines et le rapport des couleurs rouge sur jaune et la luminosité décroissent. Au niveau de la concentration du jus à 88,23 °C durant 2 h, il y a augmentation de ces paramètres. Lors de la pasteurisation à 91,7 °C pour 20 min et la stérilisation à 95,1 °C en 10 min, les taux de Brix, d'acide ascorbique, d' α -tocophérol et de sucres réducteurs baissent tandis que les taux de lycopène et de β -carotène, le rapport des couleurs rouge sur jaune, la luminosité et la viscosité augmentent. La teneur en protéines reste stable. Tout au long du processus technologique le pH baisse.

Le groupe constitué des taux de Brix, d'acide ascorbique, α -tocophérol et de sucres réducteurs et celui formé par les taux de lycopène et de β -carotène, le rapport des couleurs rouge sur jaune et la luminosité varient de façon comparable à l'intérieur de chaque groupe. La viscosité évolue tel les taux de lycopène et de β -carotène, le rapport des couleurs rouge sur jaune et la luminosité dans les phases de pasteurisation et de stérilisation. La teneur en protéines change comme les taux de Brix, d'acide ascorbique, d' α -tocophérol, de sucres réducteurs, de β -carotène et de lycopène et le rapport des couleurs rouge sur jaune et la luminosité jusqu'au début de la pasteurisation. Il est prouvé l'existence de relations linéaires entre le taux de Brix et ceux de sucres réducteurs et d' α -tocophérol, le taux de sucres réducteurs et d' α -tocophérol, le taux de lycopène et de β -carotène ainsi que la viscosité, le taux de β -carotène et la viscosité, le taux de protéines et de Brix, de sucres réducteurs, d'acide ascorbique, de lycopène et de β -carotène et le taux d' α -tocophérol et de protéines. Il n'existe pas de relations linéaires entre le taux d'acide ascorbique et de Brix, le taux de sucres réducteurs et d' α -tocophérol, le taux de lycopène et le rapport des couleurs rouge sur jaune aussi bien que la luminosité, le taux de β -carotène et le rapport des couleurs rouge sur jaune et la luminosité, le rapport des couleurs rouge sur jaune avec la luminosité et la viscosité, la viscosité et la luminosité et le taux de protéines avec le rapport des couleurs rouge sur jaune et la luminosité.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Boumendjel, M.E., Boutebba, A.: Heat treatment effects on the biochemical and nutritional content of double concentrated tomato paste, *Acta Horticulturae*, **2003**, 613 (69), 429-432;
2. Sawadogo, I., Koala, M., Dabire, C., Ouattara, L.P., Vbegjet, B., Hema, A., Gnoula, C., Pale, E., Nebie, R. : Etude de l'influence des modes de transformation sur les teneurs en lycopène de quatre variétés de tomates de la région du nord du Burkina Faso, *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **2015**, 2 (9), 24-34;
3. Frusciante, L., Carli, P., Ercolan, R.M., Pernice, R., Antonio, D., Fogliano, V., Pellegrini, N.: Antioxidant nutritional quality of tomato, *Molecular Nutrition Food Research*, **2007**, 51 (5), 609-617;
4. Lenucci, M.S., Cadinu, D., Taurino, M., Piro, G., Dalessandro, G.: Antioxidant composition in cherry and high-pigment tomato cultivars, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **2006**, 54 (7), 2606-2613;
5. Omoni, A.O., Aluko, R.E.: The anti-carcinogenic and anti-atherogenic effects of lycopene: a review, *Trends in Food Science & Technology*, **2005**, 16 (8), 344-350;
6. Kucuk, O., Sarkar, F. H., Djuric, Z., Sakr, W., Pollak, M. N., Khachik, F., Banerjee, M., Bertram, J. S., Wood, D. P., Jr.: Effects of lycopene supplementation in patients with localized prostate cancer, *Experimental Biology and Medicine (Maywood)*, **2002**, 227 (10), 881-885;
7. Campbell, J.K., Canene-Adams, K., Lindshield, B.L., Boileau, T.W.M., Clinton, S.K., Erdman, J.W.Jr.: Tomato phytochemicals and prostate cancer risk, *The Journal of Nutrition*, **2004**, 134 (12), 3486S-3492S;
8. Obermuller-Jevic, U.C., Olano-Martin, E., Corbacho, A.M., Eiserich, J.P., van der Vliet, A., Valacchi, G., Cross, C.E., Packer, L.: Lycopene inhibits the growth of normal human prostate epithelial cells in vitro, *The Journal of Nutrition*, **2003**, 133 (11), 3356-3360;
9. Ludwig, D.S., Pereira, M.A., Kroenke, C.H., Hilner, J.E., Van Horn, L., Slattery, M.L., Jacobs, D.R.Jr.: Dietary fiber, weight gain, and cardiovascular disease risk factors in young adults, *Journal of the American Medical Association*, **1999**, 282 (16), 1539-1546;
10. Lairon, D., Arnault, N., Bertrais, S., Planells, R., Clero, E., Hercberg, S., BoutronRuault, M.-C.: Dietary fiber intake and risk factors for cardiovascular disease in French adults, *American Journal of Clinical Nutrition*, **2005**, 82 (6), 1185-1194;
11. Koh, E., Wimalasiri, K.M.S., Renaud, E.N.C., Mitchell, A.E.A.: A comparison of flavonoids, carotenoids and vitamin C in commercial organic and conventional marinara pasta sauce, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **2008**, 88 (2), 344-354;
12. Toor, R.K., Savage, G.P.: Antioxidant activity in different fractions of tomatoes, *Food Research International*, **2005**, 38 (5), 487-494;
13. Guil-Guerrero J.L., Rebolloso-Fuentes M.M.: Nutrient composition and antioxidant activity of eight tomato (*Lycopersicon esculentum*) varieties, *Journal of Food Composition and Analysis*, **2009**, 22 (2), 123-129;
14. Porrini, M., Riso, P.: Factors influencing the bioavailability of antioxidants in foods: A critical appraisal, *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, **2008**, 18 (10), 647-650;
15. Parada, J., Aguilera, J.M.: Food microstructure affects the bioavailability of several nutrients, *Journal of Food Science*, **2007**, 72 (2), R21-R32;
16. Dossou, J., Soulé, I., Montcho, M.: Analyse économique de la production de purée de tomate à petite échelle au Bénin, *Tropicicultura*, **2006**, 24 (4), 239-246;
17. Lavelli, V., Giovanelli, G.: Evaluation of heat and oxidative damage during storage of processed tomato products. II. Study of oxidative damage indices, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **2003**, 83 (9), 966-971;
18. Sahlin, E., Savage, G.P., Lister, C.E.: Investigation of the antioxidant properties of tomatoes after processing, *Journal of Food Composition and Analysis*, **2004**, 17(5), 635-647;
19. Nguyen, M., Francis, D., Schwartz, S.: Thermal isomerisation susceptibility of carotenoids in different tomato varieties, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **2001**, 81 (9), 910-917;
20. Ishida, B.K., Roberts, J.S., Chapman, M.H., Burri, B.J.: Processing Tangerine tomatoes: Effects on lycopene-isomer concentrations and profile, *Journal of Food Science*, **2007**, 72 (6), C307-C312;
21. Yokota, T., Etoh, H., Oshima, S., Hayakawa, K., Ishiguro, Y.: Oxygenated lycopene and dehydrated lutein in tomato puree, *Bioscience Biotechnology and Biochemistry*, **2003**, 67 (12),

- 2644-2647;
22. Houssou, P.A.F., Dansou, V., Ayi-Fanou, L., Abdelkerim, A.D., Mensah, G.A.: Technologie de production simultanée de purée et du jus de tomate, *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **2015**, 2 (5), 2469-2476;
 23. Norme Française NF V 08-051 Microbiologie. Directives générales pour le dénombrement des germes aérobies à 30°C;
 24. Norme Française NF V 08-025 Microbiologie. Directives générales pour le dénombrement des Entérobactéries à 37°C;
 25. Norme Française NF V 08-050 Microbiologie. Directives générales pour le dénombrement des coliformes totaux à 30°C;
 26. Norme Française NF V 08-057 Microbiologie. Directives générales pour le dénombrement des staphylocoques à 37°C;
 27. Norme Française NF V 08-05 Microbiologie. Directives générales pour le dénombrement des clostridium sulfito-réducteurs à 37°C;
 28. Norme Française NF V 08-052 Microbiologie. Directives générales pour le dénombrement des Salmonelles à 37°C;
 29. Norme Française NF XP 08-059 Microbiologie. Directives générales pour le dénombrement des levures et moisissures à 25°C;
 30. Norme Française NF V 08-402- concernant le contrôle de stabilité des conserves de pH inférieur à 4,5;
 31. Norme ISO 2173 - concernant les produits dérivés des fruits et légumes : détermination du résidu sec réfractométrique;
 32. Norme Algérienne NA 5669- concernant les produits dérivés des fruits et légumes : détermination du résidu sec;
 33. Norme Française NF T 90-008 -concernant la mesure électrométrique du pH avec l'électrode de verre;
 34. Chong, H.H., Simsek, S., Reuhs, B.L: Analysis of cell-wall pectin from hot and cold break tomato preparations, *Food Research International*, **2009**, 42 (7)770-772;
 35. Hurtado, M.C., Greve, L.C., Labavitch, J.M.: Changes in cell wall pectins accompanying tomato (*Lycopersicon esculentum Mill.*) paste manufacture, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **2002**, 50 (2), 273-278;
 36. Servais, C., Jones, R., Roberts, I.: The influence of particle size distribution on the processing of food, *Journal of Food Engineering*, **2002**, 51 (3), 201-208;
 37. Bayod, E., Mansson, P., Innings, F., Bergenstahl, B., Tornberg, E.: Low shear rheology of concentrated tomato products, Effect of particle size and time, *Food Biophysics*, **2007**, 2 (4), 146-157;
 38. Bayod, E., Tornberg, E.: Microstructure of highly concentrated tomato suspensions on homogenisation and subsequent shearing, *Food Research International*, **2011**, 44 (4), 755-764;
 39. CODEX STAN-13-1981- Norme codex pour les tomates en conserve. Référé au concentré de tomate Hot- Break, caractéristiques principales;
 40. Norme Française NF V 05-101- concernant les produit dérivés des fruits et légumes: détermination de l'acidité titrable;
 41. Règlement (CEE) n° 1764/86de la Commission du 27 mai 1986 fixant des exigences minimales de qualité pour les produits à base de tomate. Document 386R1764;
 42. Grolier P., Bartholin G., Broers L., Caris-veyrat 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;
 43. 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;
 44. CACQE méthode d'analyse n° 08.97.22 Fruits, légumes et produits dérivés détermination de la teneur en acide ascorbique partie 2 : méthodes pratiques;
 45. Rougereau, A., *Technique d'analyse et de contrôle de la qualité dans l'industrie agroalimentaire, TEC&DOC, Lavoisier éd.* 1981, Vol. 5, 246-247 ;
 46. 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;
 47. Tsatsaronis, G.C., Boskou, D.G.: Amino acid and mineral salt content of tomato seed and skin

- waste, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **1975**, 26 (4), 421-423;
48. Persia, M.E., Parsons, C.M., Schang, M., Azcona, J.: Nutritional evaluation of dried tomato seeds, *Poultry Science*, **2003**, 82 (1), 141-146;
 49. Latlief, S.J., Knorr, D.: Tomato Seed Protein Concentrates: Effects of Methods of Recovery Upon Yield and Compositional Characteristics, *Journal of food science*, **1983**, 48 (6), 1583-1586;
 50. Sogi, D.S., Shivhare, U.S., Garg, S.K., Bawa, A.S.: Water Sorption Isotherm and Drying Characteristics of Tomato Seeds, *Biosystems Engineering*, **2003**, 84 (3), 297-301;
 51. Toor, R.K., Savage, G.P.: Antioxidant activity in different fractions of tomatoes, *Food Research International*, **2005**, 38(5), 487-494;
 52. Gahler, S., Otto, K., Bohm, V.: Alterations of vitamin C, total phenolics, and antioxidant capacity as affected by processing tomatoes to different products, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **2003**, 51 (27), 7962-7968;
 53. Seybold, C., Frohlich, K., Bitsch, R., Otto, K., Bohm, V.: Changes in contents of carotenoids and vitamin E during tomato processing, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **2004**, 52 (23), 7005-7010;
 54. Rickman, J.C., Barrett, D.M., Bruhn, C.M.: Nutritional comparison of fresh, frozen and canned fruits and vegetables. Part 1. Vitamins C and B and phenolic compounds, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **2007**, 87 (6), 930-944;
 55. Sanchez-Moreno, C., Plaza, L., Ancos, B., Cano, M. P.: Nutritional characterization of commercial traditional pasteurized tomato juices: carotenoids, vitamin C and radical-scavenging capacity, *Food Chemistry*, **2006**, 98 (4), 749-756;
 56. Pérez-Conesa, D., García-Alonso, J., García-Valverde, V., Iniesta, M.D., Jacob, K., Sánchez-Siles, L.M., Ros, G., Periago, M.J.: Changes in bioactive compounds and antioxidant activity during homogenization and thermal processing of tomato puree, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, **2009**, 10 (2), 179-188;
 57. Patras, A., Brunton, N., Da Pieve, S., Butler, F., Downey, G.: Effect of thermal and high pressure processing on antioxidant activity and instrumental colour of tomato and carrot purées, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, **2009**, 10 (1), 16-22;
 58. Fichner, K., Schader, I., Lange, M.: Early detection of changes during heat processing and storage of tomato products, *American Chemical Society*, **1996**, 12 (3), 32-44;
 59. Anthon, G.E., Le Strange, M., Barrett, D.M.: Changes in pH, acids, sugars and other quality parameters during extended vine holding of ripe processing tomatoes, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **2011**, 91 (7), 1175-1181;
 60. Capanoglu, E., Beekwilder, J., Boyacioglu, D., Hall, R., De Vos, R.: Changes in antioxidant and metabolite profiles during production of tomato paste, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **2008**, 56 (3), 964-973;
 61. Rojas, A.M., Gerschenson, L.N.: Ascorbic acid destruction in aqueous model systems: an additional discussion, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **2001**, 81 (15), 1433-1439;
 62. Shi, J., Le Maguer, M.: Lycopene in tomatoes: chemical and physical properties affected by food processing, *Critical Reviews in Biotechnology*, **2000**, 20 (4), 293-334;
 63. Dewanto, V., Wu, X.Z., Adom, K.K., Liu, R.H.: Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **2002**, 50 (10), 3010-3014;
 64. Garcia-Alonso, F.J., Bravo, S., Casas, J., Perez-Conesa, D., Jacob, K., Periago, M.J.: Changes in Antioxidant Compounds during the shelf life of commercial tomato juices in different packaging materials, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **2009**, 57 (15), 6815-6822;
 65. Lavelli, V., Giovanelli, G.: Evaluation of heat and oxidative damage during storage of processed tomato products. II. Study of oxidative damage indices, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **2003**, 83 (9), 966-971;
 66. Colle, I., Lemmens, L., Van, S., Ann, B., Loey, V., Hendrickx, M.: Effect of thermal processing on the degradation, isomerization, and bioaccessibility of lycopene in tomato pulp, *Journal of Food Science*, **2010**, 75 (9), 753-759;
 67. El-Agamey, A., Lowe, G.M., McGarvey, D.J., Mortensen, A., Phillip, D.M., Truscott, T.G., Young, A.J.: Carotenoid radical chemistry and antioxidant/pro-oxidant properties, *Archives of Biochemistry and Biophysics*, **2004**, 430 (1), 37- 48;
 68. Mayeaux, M., Xu, Z., King, J.M., Prinyawiwatkul, W.: Effects of cooking conditions on the

- lycopene content in tomatoes, *Journal of Food Science*, **2006**, 71 (8), C461- C464;
69. Takeoka, G.R., Dao, L., Flessa, S., Gillespie, D. M., Jewell, W. T., Huebner, B., Bertow, D., Ebeler, S. E. Processing effects on lycopene content and antioxidant activity of tomatoes, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **2001**, 49 (8), 3713-3719;
 70. Anese, M.F.P., Fogliano, V., Nicoli, M.C., Massini, R.: Effect of equivalent thermal treatments on the color and the antioxidant activity of tomato purees, *Journal of Food Science*, **2002**, 67 (9), 3442-3446;
 71. Qiu, D., Chen, Z.R., Li, H.R.: Effect of heating on solid beta-carotene, *Food Chemistry*, **2009**, 112 (2), 344-349;
 72. Tibäck, E.A., Svelander, C.A., Colle, I.J.P., Altskär, A.I., Alminger, M.A.G., Hendrickx, M.E.G., Ahrné, L.M., Langton, M.I.B.C.: Mechanical and thermal pretreatments of crushed tomatoes: effects on consistency and in vitro accessibility of lycopene, *Journal of Food Science*, **2009**, 74 (7), E386-E395;
 73. Sanchez, M.C., Valencia, C., Gallegos, C., Ciruelos, A., Latorre, A.: Influence of processing on the rheological properties of tomato paste, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **2002**, 82 (9), 990-997;
 74. McCarthy, K.L., McCarthy, M.J. Relationship between in-line viscosity and bostwick measurement during ketchup production, *Journal of Food Science*, **2009**, 74 (6), E291-E297;
 75. Valencia, C., Sanchez, M.C., Ciruelos, A., Latorre, A., Franco, J.M., Gallegos, C.: Linear viscoelasticity of tomato sauce products: influence of previous tomato paste processing, *European Food Research and Technology*, **2002**, 214 (5), 394-399;
 76. Kaur, C., George, B., Deepa, N., Jaggi, S., Kapoor, H.C.: Viscosity and quality of tomato juice as affected by processing methods, *Journal of Food Quality*, **2007**, 30 (6), 864-877;
 77. Boubidi, F., Boutebba, A.: Effects of heat treatments on quality of parametrs and of natural antioxidant of triple concentrated tomato paste, *Annals: Food Science and Technology*, **2013**, 14 (1), 5-12.