

République Algérienne Démocratique et Populaire

Université Abdelhamid Ibn
Badis-Mostaganem
Faculté des Sciences de la
Nature et de la Vie



جامعة عبد الحميد بن باديس
مستغانم
كلية علوم الطبيعة و الحياة

DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

Dembélé Maissata

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN AGRONOMIE

Spécialité : contrôle de qualité des aliments

THÈME

Effet de la zone géographique, du savoir-faire et des techniques culturelles sur les propriétés physico-chimiques, nutritionnelles et sensorielles du poivron provenant de deux regions de Mostaganem

Soutenue publiquement le 12 /09 /2021

DEVANT LE JURY

| | | | |
|------------|----------------------------|------------|---------------|
| Président | M. Benabdoulmoumen Djilali | Docteur | U. Mostaganem |
| Encadreur | M. Mr. BOUDEROUA.K | Professeur | U. Mostaganem |
| Examineurs | M. Bendahmane Leila | MCB | U. Mostaganem |

Année Universitaire : 2020-2021

Remerciements

En guise de reconnaissance, je tiens à témoigner mes sincères remerciements à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin au bon déroulement de mon stage de fin d'étude et à l'élaboration de ce modeste travail.

Mes sincères gratitude au Pr. BOUDEROUA Kaddour directeur à ESA Mostaganem pour la qualité de son enseignement, son encadrement, ses conseils et son intérêt incontestable qu'il porte à tous les étudiants.

Mes sincères remerciements à Monsieur Ben abdoulmoumen Djillali Université de Mostaganem pour sa gentillesse d'avoir présider le jury de ce mémoire et mes conseils précieux pendant toutes ces années. je remercie très sincèrement madame Bendahmane Leila qui ma fait l'honneur d'être examinateur de ce travail.

Toutes mes reconnaissances à monsieur Manaa Mohamed ESA Mostaganem, a qui j'exprime mes sincères remerciements de m'avoir aider pour ce present travail.

Je tiens à remercier les doctorants (Attou Asma, Karim Larbaoui, Khadîdja Babadji) et l'ensemble du personnel du laboratoire pour leur patience leurs conseils pleins de sens et pour le suivi et l'intérêt qu'ils ont porté à mes travaux. Mes sincères remerciements a mes amis qui m'ont été d'une grande aide (Bintou Traoré, Coumba Dembélé, Mahamadou d. Diarra, louis b. Bashale). Dans l'impossibilité de citer tous les noms, mes sincères remerciements vont à tous ceux et celles, qui de près ou de loin, ont permis par leurs conseils et leurs compétences la réalisation de ce mémoire.

Enfin, je n'oserais oublier de remercier tout le corps professoral de l'université Abdelhamid ibn Badis, pour le travail énorme qu'il effectue pour nous créer les conditions les plus favorables pour le déroulement de nos études.

Dédicace

Je dédie le présent mémoire, fruit d'un effort constant et d'une espérance inébranlable en un avenir plein de promesses, à tous ceux qui continuent encore à croire en mes études et qui, d'une façon ou d'une autres, contribuent à mes avancées intellectuelles.

Mes pensées vont tout spécialement à l'endroit de :

- Mon père Bourama Coulibaly pour les efforts fournis jour et nuit. Ce travail est le fruit de tes sacrifices pour mon éducation et ma formation.
- Ma mère Fanta Théra qui représente toute ma vie, qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi.
- Mes frères et sœurs pour leur encouragement tout au long de mes études.
- Monsieur Diarra Sinaly qui m'a beaucoup encouragé et motivé durant tous mes études universitaires.
- Ma famille et mes collègues de promotion de Master option contrôle de qualité alimentaire.

Liste des Symboles

AB : Agriculture Biologique
AC : Agriculture Conventiennelle
Abs : Absorbance
AFNor : Association Française de Normalisation
AG : Acide Gras
AGPI : Acide Gras Polyinsaturé
AMP : Acide Métaphosphorique
C : Concentration
°C : Degré Celsius
Chla : Chlorophyle a
Chlb : Chlorophyle b
Cart : Caroténoïde
°D : Degré Dornic
DNS : Acide Di-nitrosalycilique
D.O : Densité Optique
DPPH : 2.2 Diphenyl 1 Picryl Hydrazyl
EAG :Equivalent en Acide Gallique
ED : Eau Distillé
FAO : Food Agriculture Organisation
g : gramme
IP : Indice de Peroxyde
IC50 : Concentration Inhibitrice médiane
J : Jour
Kg : Kilogramme
Kcal : Kilocalorie
L : Litre
m : masse
MDA : Malon Dialdéhyde
mg : milligramme
ml : millilitre
mol : mole
g : Microgramme
M.M : Matière Minérale

M.O : Matière Organique

M.S : Matière Sèche

n : Nombre des répétitions

P<0,01 : probabilité au seuil de 1%.

P<0,05 : probabilité au seuil de 5%.

TBA : Acide Thio barbiturique

TPC : Teneur en Composé Phénolique

PH : Potentiel Hydrogène

TCA : Acide Trichloroacétique

V : Volume

Vit C : vitamine C

Vf : Volume filtrat

% : Pourcentage

Table des matières

| | | |
|----------|---|-----------|
| I | Bibliographie | 3 |
| 1 | Généralités de la plante et sa culture | 4 |
| I. | L'origine et histoire | 4 |
| II. | Systematique et botanique | 5 |
| III. | Le genre capsicum | 5 |
| IV. | L'espèces capsicum annum | 8 |
| V. | variétés et morphologie | 9 |
| 1. | variétés | 9 |
| 2. | morphologie | 10 |
| 2 | Agronomie du capsicum annum | 13 |
| I. | Culture du poivron | 13 |
| 1. | choix du sol et le pH | 13 |
| 2. | Exigences écologiques | 13 |
| 3. | Exigences en chaleur | 14 |
| 4. | Exigence en lumière | 14 |
| 5. | Exigence en eau | 14 |
| 6. | Rotation | 14 |
| II. | Fertilisation minérale | 15 |
| III. | Conduite et pratique culturales | 15 |
| 1. | L'obtention des plants | 16 |
| 2. | La plantation | 16 |
| 3. | Le Tuteurage | 17 |
| 4. | Irrigation | 17 |
| IV. | Situation phytosanitaire du poivron | 18 |
| V. | Maladies et ravageurs | 19 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| VI. | Système bio | 20 |
| VII. | Récolte et conservation | 20 |
| VIII. | Critère de qualité | 21 |
| 3 | propriété physico-chimiques et nutritionnelles du poivron | 22 |
| I. | Caractéristiques physique du poivron | 22 |
| II. | Composition nutritionnelle | 23 |
| III. | Apport calorique et analyse nutritionnelle | 24 |
| 1. | Polyphénol et activité antioxydant | 24 |
| 2. | Les pigments du poivron | 25 |
| IV. | Atouts gustatifs | 25 |
| V. | Propriétés médicinales | 26 |
| VI. | Contre-indication et allergie au poivron | 26 |
| VII. | L'influence des organes sur le critère de qualité | 26 |
| II | Expérimentale | 28 |
| 4 | Matériels et méthodes | 29 |
| I. | Matériel végétal | 31 |
| II. | Echantillonnage, traitement préliminaire des produits et autres matériels utilisés . . . | 33 |
| III. | Traitement des échantillons | 33 |
| 1. | Traitement à la vapeur | 33 |
| 2. | Traitement à la Friture à l'huile | 33 |
| 3. | Séchage | 33 |
| IV. | Analyses physico-chimiques | 34 |
| 1. | Détermination du taux de matière sèche et l'humidité (AFNOR,1985) | 34 |
| 2. | Détermination de la matière minérale(AFNOR,1985) | 35 |
| 3. | Détermination du potentiel d'hydrogène (pH) | 35 |
| 4. | Détermination de la matière organique | 36 |
| V. | Préparation de l'extrait pour les sucre reducteurs et les sucres totaux | 36 |
| 1. | Détermination de la teneur en sucres totaux (Dubois et al., 1956) | 36 |
| 2. | Détermination de la teneur en sucre reducteurs | 37 |
| VI. | Extraction des lipides (méthode de Folch et al, 1957) | 38 |
| VII. | Estimation du degré d'oxydation des lipides Genot (1996) | 39 |
| VIII. | Dosage de la vitamine C | 40 |
| 1. | Extraction par l'acide métaphosphorique | 40 |

| | | |
|------|---|----|
| 2. | Dosage spectrophotométrique par KMnO ₄ de l'acide ascorbique pur | 40 |
| IX. | Extraction des polyphénols | 40 |
| 1. | Dosage des polyphénols totaux : Miliauskas et al. (2004) | 41 |
| 2. | Mesure de l'activité antioxydante | 42 |
| X. | Extraction et dosage des pigments photosynthétiques | 42 |
| XI. | Analyses physico-chimiques du sol | 43 |
| 1. | Humidité résiduelle du sol | 43 |
| 2. | Détermination du pH, norme AFNOR NF X31-103 (1992) | 43 |
| 3. | Détermination de la conductivité, norme AFNOR NF X31-103 (1992) | 43 |
| 4. | Détermination de la matière organique (MO), norme NF ISO 10694 | 43 |
| 5. | Granulométrie par tamisage, norme AFNOR NF X31-101 | 44 |
| XII. | Test hédonique sur le poivron | 45 |

III Résultats et discussion 46

5 Résultat et Discussion 47

| | | |
|------|---|----|
| I. | Caractérisation des régions | 47 |
| II. | Caractéristiques biophysiques | 49 |
| III. | Paramètres physico-chimiques des poivrons mis au froid positif et négatif | 50 |
| 1. | Teneur en eau et matière sèche | 52 |
| 2. | Teneur en matière minérale et matière organique | 55 |
| 3. | Teneur en Lipide et peroxydation lipidique | 57 |
| IV. | Vitamine C | 60 |
| 1. | Polyphénols totaux : | 62 |
| V. | Evaluation de l'activité antioxydante | 64 |
| 1. | Les sucres totaux et réducteurs : | 66 |
| VI. | Analyse organoleptique | 67 |

Table des figures

| | | |
|-----|---|----|
| 1.1 | Capsicum annum (Piment annuel) | 6 |
| 1.2 | Capsicum frutescens | 6 |
| 1.3 | Capsicum baccatum | 7 |
| 1.4 | Capsicum chinense | 7 |
| 1.5 | Capsicum pubescens | 8 |
| 1.6 | Poivrons | 10 |
| 1.7 | Sections longitudinales | 11 |
| 1.8 | Trois sections transversales d'un même poivron | 12 |
| 4.1 | Localisation de Achacha | 30 |
| 4.2 | Localisation de Sirat | 30 |
| 4.3 | Poivron provenant de la région de Achacha | 32 |
| 4.4 | Poivron provenant de la région de Sirat | 32 |
| 4.5 | Poivron à des fins de séchage | 34 |
| 4.6 | Les extraits dans la centrifugeuse | 36 |
| 4.7 | Les ballons contenant la solution lipidique | 39 |
| 4.8 | Réaction des différentes dilutions avec le folin | 41 |
| 4.9 | Tamis de différents diamètres | 44 |
| 5.1 | résultats de l'étude des sols | 48 |
| 5.2 | classification granulométrique du sol | 49 |
| 5.3 | Variation du pH au cours de la réfrigération | 51 |
| 5.4 | Variation du pH au cours de la congélation | 52 |
| 5.5 | humidité et M.S du poivron réfrigéré de Achacha | 54 |
| 5.6 | humidité et matière sèche du poivron réfrigéré de Sirat | 54 |
| 5.7 | humidité et matière sèche du poivron congelé de Achacha | 55 |

| | | |
|------|--|----|
| 5.8 | humidité et matière sèche du poivron congelé de Sirat | 55 |
| 5.9 | M.M et M.M du poivron congelé de Achacha | 56 |
| 5.10 | M.M et M.O du poivron congelé de Sirat | 57 |
| 5.11 | évolution des lipides des poivrons réfrigérés | 58 |
| 5.12 | évolution des lipides des poivrons congelés | 59 |
| 5.13 | reptation des pigments du poivron des deux régions | 60 |
| 5.14 | vitamine C des poivrons réfrigérés | 62 |
| 5.15 | courbe d'étalonnage d'acide gallique | 63 |
| 5.16 | teneur en polyphénol totaux des extraits du capsicum annum des deux communes . | 64 |
| 5.17 | IC50 de la vit C et des deux régions | 66 |
| 5.18 | Taux en sucres totaux et sucres réducteurs | 66 |
| 5.19 | résultats d'analyses organoleptique du poivron de la région de Sirat en pourcentage . | 67 |
| 5.20 | résultats d'analyses organoleptique du poivron de la région de Achachat en pourcentage | 68 |

Liste des tableaux

| | | |
|------|---|----|
| 2.1 | maladie et ravageur | 20 |
| 3.1 | Composition chimique de Capsicum Annuum L | 23 |
| 3.2 | composition du poivron vert cuit | 23 |
| 5.1 | résultat de l'étude de sols des deux régions. | 48 |
| 5.2 | résultat sol de Sirat | 48 |
| 5.3 | résultat sol de Achacha | 49 |
| 5.4 | Poivron suivie pendant 10 jours | 49 |
| 5.5 | Variation du pH au cours de la réfrigération | 50 |
| 5.6 | Variation du pH au cours de la congélation | 50 |
| 5.7 | Variation de l'humidité et la matière sèche des deux régions au cours de la réfrigération | 53 |
| 5.8 | Variation de l'humidité et la matière sèche au cours de la congélation | 53 |
| 5.9 | Variation de la matière minérale et la matière organique au cours de la congélation | 56 |
| 5.10 | variation des lipides au cours de la réfrigération | 57 |
| 5.11 | variation des lipides au cours de la congélation | 58 |
| 5.12 | reptation des pigments du poivron des deux régions | 60 |
| 5.13 | variation de la vitamine C au cours du temps | 61 |
| 5.14 | résultats des composées bioactifs et les sucres | 62 |
| 5.15 | résultat de l'activité antioxydante | 65 |

Résumé

Le *capsicum annum* est l'une des cultures maraichères les plus importantes, il a un impact économique et sanitaire positif. Très consommée sous diverses manières, le poivron est gorgé de composés phytochimiques tels que les capsaïcinoïdes, les composés phénoliques, l'acide ascorbique, les caroténoïdes. Les capsaïcinoïdes confèrent au poivron un goût piquant, il est plus abondant dans les piments. Le poivron est sensible aux changements des conditions environnementales. Ce présent travail s'intéresse à étudier l'effet du temps et de la température haute et basse sur le poivron provenant de deux régions de Mostaganem à savoir Achacha et Sirat ainsi que la quantification de certains composés bioactifs. Une analyse du sol ainsi qu'une dégustation du poivron des deux régions ont été également étudiés. Dans les cultivars testés la teneur en vitamine C variaient entre 52,97 à 88,96g/100g ; la concentration en polyphénol étaient respectivement 18,18 pour Achacha et 21,22mgGAE/g.

Le poivron provenant de Sirat possédait une activité antioxydante plus élevée avec un IC50 de 9,954mg/ml contre un IC50 égale à 67,63 mg/ml pour Achacha. Ils y avait une différence significative ($P < 0,01$) entre les deux régions pour les sucres (totaux et réducteur) avec respectivement 9,73 g/100 et 0,43g/100g pour Achacha et celle de Sirat 20,56g/100g et 3,99g/100g. Par ailleurs, les paramètres tels que le pH, la matière sèche et la vitamine C augmentaient au cours de la réfrigération (4°C) en fonction du temps. Par contre, l'humidité et le taux de lipide ont diminué. Les matières minérales et organiques n'ont pas varié en fonction du temps et ont gardé des valeurs respectivement de 1,5% et 99%. Les échantillons frits ont montré l'effet inverse par comparaison au poivron réfrigéré pour les paramètres suivants : pH, matières sèche, la matière minérale, matière organique. Pour la peroxydation lipidique des poivrons frits pour les deux régions ont donné des valeurs basses due à leur richesse en vitamine C.

En ce qui concerne l'analyse organoleptique on remarque que le poivron de Sirat est de couleur vert foncé, lisse avec un goût légèrement acide par contre celle de Achacha est rouge lisse et brillant avec un goût sucré.

Abstract

Capsicum annuum is one of the most important vegetable crops, it has a positive economic and health impact. Widely consumed in various ways, peppers are full of phytochemicals such as capsaicinoids, phenolic compounds, ascorbic acid, carotenoids. Capsaicinoids give peppers a pungent taste, they are more abundant in peppers. Peppers are sensitive to changes in environmental conditions. This present work is interested in studying the effect of time and high and low temperature on peppers from two regions of Mostaganem namely Achacha and Sirat as well as the quantification of certain bioactive compounds. A soil test as well as a taste of the peppers from the two regions were also studied. In the cultivars tested the vitamin C content varied between 52.97 to 88.96g / 100g; the polyphenol concentration were 18.18 for Achacha and 21.22mgGAE / g, respectively.

The pepper from Sirat had a higher antioxidant activity with an IC₅₀ of 9.954 mg / ml against an IC₅₀ equal to 67.63 mg / ml for Achacha. There was a significant difference ($P < 0.01$) between the two regions for sugars (total and reducing) with respectively 9.73 g / 100 and 0.43g / 100g for Achacha and that of Sirat 20.56g / 100g and 3.99g / 100g. Furthermore, parameters such as pH, dry matter and vitamin C increased during refrigeration (4 ° C) as a function of time. However, humidity and lipid levels have decreased. The mineral and organic matter did not vary over time and kept values of 1.5% and 99% respectively. Fried samples showed the opposite effect compared to chilled pepper for the following parameters : pH, dry matter, mineral matter, organic matter. For lipid peroxidation the fried peppers for both regions gave low values due to their richness in vitamin C.

Regarding the organoleptic analysis, we notice that Sirat pepper is dark green in color, smooth with a slightly acidic taste, whereas Achacha pepper is smooth and shiny red with a sweet taste.

يعد الفلفل الحلو من أهم محاصيل الخضر ، وله تأثير اقتصادي وصحي إيجابي. يستهلك الفلفل على نطاق واسع بطرق مختلفة ، فهو مليء بالمواد الكيميائية النباتية مثل الكابسيسينويد والمركبات الفينولية وحمض الأسكوربيك والكاروتينات. الكيساسينويدات يمنح الفلفل طعمًا لاذعًا، فهي متوفرة بكثرة في الفلفل حساس للتغيرات في الظروف البيئية. يهتم هذا العمل بدراسة تأثير الزمن ودرجة الحرارة المرتفعة والمنخفضة على الفلفل من منطقتين في مستغانم وهما عشعاشة وسيرات وكذلك تقدير بعض المركبات النشطة بيولوجيا. كما تمت دراسة التربة ومذاق الفلفل من المنطقتين. في الأصناف التي تم اختبارها تراوح محتوى فيتامين ج بين 52.97 إلى 88.96 جم / 100 جم. كان تركيز البوليفينول 18.18 لعشعاشة و 21.22 mgGAE / g على التوالي. الفلفل من سيرات كان له نشاط مضاد للأكسدة أعلى مع IC50 من 9.954 مجم / مل مقابل IC50 يساوي 67.63 مجم / مل لعشعاشة. كان هناك تأثير معتبر للغاية ($P > 0.01$) بين المنطقتين للسكريات (الكلية والمتناقصة) مع 9.73 جم / 100 و 0.43 جم / 100 جم لعشعاشة و سيرات 20.56 جم / 100 جم و 3.99 جم / 100 جم. علاوة على ذلك ، زادت عوامل مثل درجة الحموضة والمادة الجافة وفيتامين ج أثناء التبريد (4 درجات مئوية) كدالة للوقت. ومع ذلك ، انخفضت مستويات الرطوبة والدهون. لم تتغير المواد المعدنية والعضوية بمرور الوقت واحتفظت بقيم 1.5% و 99% على التوالي. أظهرت العينات المقلية تأثير معاكس مقارنة بالفلفل المبرد للمعايير التالية: الأس الهيدروجيني ، المادة الجافة ، المادة المعدنية ، المادة العضوية. بالنسبة لبيروكسيد الدهون ، أعطى الفلفل المقلي في كلا المنطقتين قيمًا منخفضة نظرًا لغناه بفيتامين سي. فيما يتعلق باختبار التذوق ، نلاحظ أن فلفل سيرات أخضر داكن اللون ، أملس مع طعم حمضي قليلاً ، بينما فلفل عشعاشة أحمر ناعم ولامع مع طعم حلو.

Introduction générale

Les plantes contenant plusieurs composés bioactifs attirent de plus en plus l'attention en raison de leur efficacité à améliorer la santé et la nutrition humaine. L'identification correcte de ces espèces végétales d'importance médicale est la première étape fondamentale de tout programme d'amélioration. Epice brûlante indissociable de la cuisine exotique et légume d'été à la saveur douce et sucrée, le piment doux ou connu plus sous le terme poivron (*capsicum annuum* L) est une plante maraichère originaire d'Amérique tropicale, bien que considérée comme culture mineure, le poivron est un produit mondialement majeur en raison de leur grande polyvalence.

Ils sont utilisés non seulement comme légumes à part entière mais également comme arômes dans les produits alimentaires, pharmaceutique et cosmétique (Bosland, Pw et Votava, Ej (2012)).

Ils sont très appréciés non seulement en raison de leur importance économique, mais aussi pour les riches valeurs nutritionnelles. Le fruit contient une gamme de composés photochimiques bioactifs, notamment des flavonoïdes, des caroténoïdes, vitamine C, des composés phénoliques et d'autres composés antioxydants. Etant donné que de nombreuses études ont suggéré que la consommation d'aliments riches en composés photochimiques et antioxydants était associée à la diminution du risque de certaines formes de cancers, d'accident vasculaire cérébral et maladies cardiovasculaires, une grande attention a été récemment accordée aux aliments naturels, en particulier aux légumes riches en ces composés. Plusieurs études ont documenté l'efficacité des composants antioxydants de diverses espèces de poivrons.

En Algérie, la culture maraichère est la 2^{ème} culture après celle des céréales. Elle occupe une superficie de plus de 330.000ha avec une production estimée à 8,5 millions de tonnes en 2013 (F.A.O 2013).

Au niveau de la wilaya de Mostaganem, le maraichage couvre environ 45000 ha dont 5000 ha pratiqués en sous abris. Ainsi près de 1550 ha sont réservés à la culture de poivron (DSA, 2015)

✍ **Du point de vue général :**

La présente étude a pour objectif de déterminer les propriétés physico-chimiques et sensorielles du poivron provenant de deux communes de Mostaganem, à savoir Sirat et Achacha.

✍ **Du point de vue spécifique :**

La présente étude a pour objectifs :

- De montrer l'influence des techniques et de la durée de conservation (le froid) et la cuisson sur les propriétés physicochimiques et sensorielles du poivron ;
- De déduire le mode de conservation favorable à adopter pour mieux préserver les propriétés physicochimiques et sensorielles du poivron ;

— De déterminer les polyphénols totaux et l'activité antioxydante du poivron Ces différents paramètres nous permettront de faire une étude comparative entre les deux régions.

✍ Hypothèse

- Les paramètres physico-chimiques, la qualité nutritionnelle et organoleptique du poivron varient-ils d'une région à une autre selon le type et la durée de conservation ?
- Les poivrons provenant de la commune de Sirat sont-ils meilleurs par rapport à celle de Achacha ?

✍ Les limites de cette étude

Cette étude comporte une certaine limite, les facteurs climatiques, les pratiques culturelles, l'activité microbienne, l'état phytosanitaire ou même le choix variétal ne sont pas prises en compte dans cette présente étude. Mais en revanche l'effet du temps et de la température sont prisent en compte.

✍ L'intérêt de l'étude

L'étude a été réalisé au niveau de l'école supérieure d'Agronomie de Mostaganem. Cette étude a pour intérêt de démontrer la variation physico-chimique, nutritionnelle et organoleptiques du poivron du :

- Au caractéristiques de chaque commune étudiée (sol climat, température),
- Aux savoir faire des agriculteurs,
- Au mode de conservation,
- Et ainsi au mode de cuisson

Première partie

Bibliographie

Généralités de la plante et sa culture

I. L'origine et histoire

Doux ou légèrement piquant, rouge, jaune ou vert, aux formes arrondies, l'espèce *Capsicum annum* est originaire des Amériques (Acevedo-Rodriguez et strong, 2012) mais son origine exacte est incertaine. Il a été supposé qu'elle provenait d'un district d'Amérique centrale (Basu et De, 2013) ou qu'elle aurait été domestiqué au Mexique (aguilar –Melendez et al.,2009).

Ce fut soit Christophe Colomb ou son médecin accompagnateur Chanca qui rapporta pour la première fois l'utilisation du *Capsicum* dans les Amériques vers 1493-1494 et certainement Colomb qui l'introduisit en Europe. Au milieu du 17ème siècle, le *capsicum* était cultivé dans toute l'Europe du sud et du milieu comme une épice et drogue médicale, avec l'introduction d'une espèce au japon et cinq en inde (pour la culture de masse dans les colonies, du portugais) à cette époque (Basu et De ,2003).

Kaloo(1989) de même que DE Witt et Bosland (1993) rapportent que les premières variétés de *Capsicum*, genre crée par Valerius cordus en 1506 (chaux et Foury, 1994) seraient originaires d'une zone localisée entre les montagnes sud brésiliennes à l'Est, la Bolivie à l'Ouest, le Paraguay et le nord Argentine au Sud.

Le piment doux a été domestiqué il y a plusieurs millénaires. Il était notamment cultivé par les aztèques pour ses propriétés médicales. Le piment doux a fait l'objet d'un important travail de sélection, qui a donné naissance aux nombreuses formes, des tailles et de saveurs variées. Plus adapté au climats tempéré, le poivron est devenu un légume de serre largement cultivé en Europe tandis que le piment fort est essentiellement cultivé dans les pays tropicaux et subtropicaux, où ils sont utilisés comme condiments dans la cuisine locale Cette solanacée apparue relativement récemment fait désormais partie intégrante de presque toutes les traditions culinaires mondiales. Son usage est tellement répandu qu'on en oublierait presque, en Corée(premier pays consommateurs), par exemple, ou en chine (premier pays producteur) que ce fruit est finalement une introduction récente.

II. Systématique et botanique

Le poivron appartient au genre *Capsicum* de la famille des solanacées comme les aubergines (*Solanum melongena*, *S. aethiopicum*), la tomate (*Lycopersicon. Esculentum*), la pomme de terre (*Solanum tuberosum*) ou encore la tabac (*Nicotiana tabacum*), espèce *annuum*, ordre de polémoniacées, classe des dicotylédones, subdivision des angiospermes dont la graine sont cachées à l'intérieur du fruit (Purseglove, 1966). Contrairement à ce que le nom *annuum* (annuelle) pourrait laisser croire, le piment est une plante vivace qui, dans les régions où il ne gèle pas l'hiver, peut devenir arbustive. Néanmoins, il est traité comme une annuelle en culture. Les tiges fortement ramifiées un buisson pouvant atteindre 60 à 80 cm de hauteur, garni de feuilles étroites, ovales à lancéolées. Les fleurs solitaires, branches, s'épanouissent à l'aisselle des feuilles. Les fruits qui leur succèdent sont des baies creuses, cylindriques, d'abord vertes, puis jaunes ou rouges à maturité selon les variétés, on obtient des piments à saveur forte, ou des poivrons doux et légèrement sucrée.

Comme succédant du poivre, une épice alors rare et coûteuse. Il a ensuite été diffusé dans les autres régions chaudes du globe. Par suite, le piment a fait l'objet d'un important travail de sélection, qui a donné naissance aux nombreuses formes cultivées actuellement, avec des formes, des tailles et des saveurs variées.

La saveur piquante de certaines espèces qualifiées de piments forts (par opposition aux piments doux) est liée à la présence de la capsaïcine ($C_{18}H_{27}NO_3$), substance irritante du groupe des vanillyl-amides localisée au niveau du placenta (Anu et Peter, 2000) et dont la plus forte concentration se rencontre au voisinage des graines (Messiaen, 1975). Les fruits peuvent être allongés, flexueux, coniques, globuleux à 3 ou 4 loges (lisses ou flexueux), sphériques ou plats côtelés.

III. Le genre *Capsicum*

Le genre *Capsicum* compte une quarantaine d'espèces végétales dicotylédones appartenant à la famille des solanacées (sous famille des solénoïdes, tribu des capricées) originaire d'Amérique centrale et d'Amérique du sud.

Son nom vient du grec *Kaptos* qui signifie mordre, allusion aux effets pimentés des fruits quand on les consomme. Ce sont des plantes herbacées vivaces à feuillage persistant, parfois annuelles, généralement comme telles dans les zones tempérées. Elles peuvent atteindre une hauteur de 1,5 mètre. Leurs tiges vertes ramifiées ont tendance à se lignifier à leur base. Leurs feuilles sont disposées de façon alterne. Elles sont de couleur vert brillant, de forme elliptique à lancéolée, leur contour est entier et leur nervation pennée.

Les piments (fort, doux) sont des plantes hermaphrodites. Leur floraison a lieu en fin de printemps,

début d'été et peut se poursuivre alors que les fruits sont déjà en formation.

Leur fleurs actinomorphe en forme d'étoile présentent 6 pétales blancs, verdâtres ou mauves.

Elles sont axillaires, solitaires, ou groupées par 2 ou plus.

Leurs fruits sont des baies de formes et de tailles variées, souvent pointues, dressées ou pendantes (dans ce cas le pédoncule a la forme d'un crochet), et de différentes couleurs (jaune, rouge, violet, vert ...).

Quelques espèces de capsicum



FIGURE 1.1 – *Capsicum annuum* (Piment annuel)



FIGURE 1.2 – *Capsicum frutescens*



FIGURE 1.3 – *Capsicum baccatum*



FIGURE 1.4 – *Capsicum chinense*

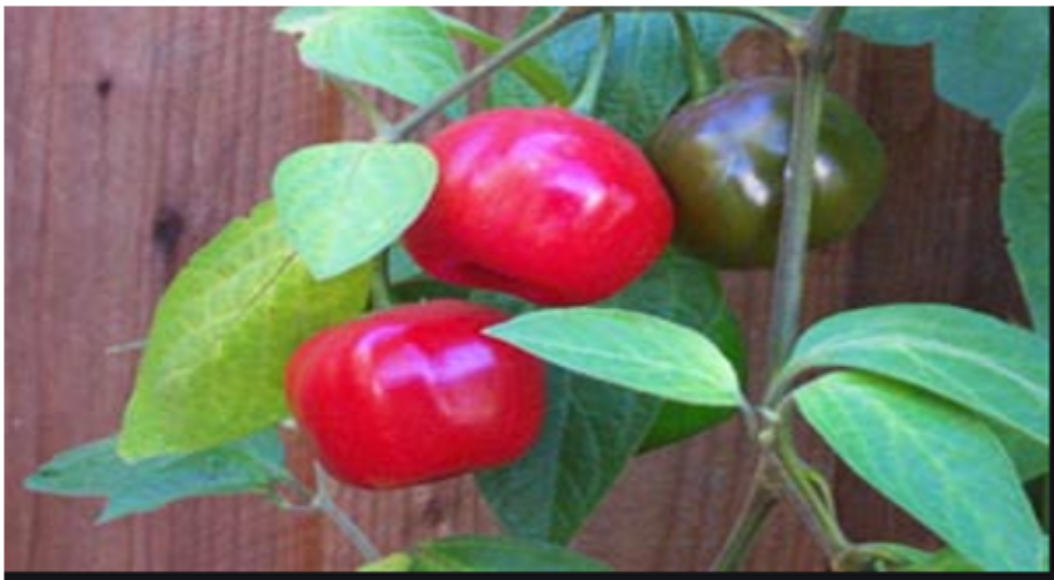


FIGURE 1.5 – *Capsicum pubescens*

IV. L'espèce *Capsicum annuum*

Le *Capsicum annuum* est un arbuste vivace avec une vie courte; quand le climat n'est pas favorable. C'est une plante herbacée de 0,5 à 1,5 m de haut dont le système racinaire est un pivot assez fort avec des racines qui ont une tendance à se développer latéralement dans un rayon de 0,30 à 0,50 cm. La tige se lignifie progressivement d'où la tendance à un mode pérennant (Chaux & Foury, 1994)

- Les feuilles sont simples, larges, molles, pétiolées et alternes, très souvent glabres. Elles sont ovales à elliptiques plus ou moins allongées, à sommet aigu; chacune est opposée à la feuille du sympode (= axe+ feuille + fleur). Les fleurs sont généralement solitaires, quelques fois par paires ou en bouquets. Elles sont petites, blanches, terminales, bisexuées et habituellement pentamériques. La corolle est composée de cinq (05) pétales soudés qui lui donnent l'aspect d'un tube. Les étamines alternent avec les lobes des pétales et le style est unique. Le fruit est une baie indéhiscente avec un épais pédoncule qui varie suivant la forme ou la saveur (piquante ou douce). Le péricarpe est coriace et charnu d'après la description de Rajput & Parulekar (1998). La baie développe un ovaire bicarpellaire avec un placenta axial. Ce dernier porte les graines.

Les graines sont réniformes, plates, à tégument lisse et de couleur jaune paille. Leur taille est jugée variable d'après Belletti & Quagliotti (1988) en fonction des conditions dans lesquelles elles mûrissent; l'environnement général de la plante-mère, la position de la baie sur celle-ci, leur nombre par fruits, le moment de la récolte et celui de leur extraction du fruit. Un gramme compte environ entre 140 (Purseglove, 1984) et 150 graines (Chaux & Foury, 1994), et peuvent conserver 50 % de leur viabilité pendant trois (03) ans lorsqu'elles sont dans un lieu propre, sec et sombre (Ashworth, 1991)

V. variétés et morphologie

1. variétés

Il existe plusieurs centaines de variétés de poivron, se distinguant par leur taille, leur forme, leur saveur et leur couleur. Les poivrons peuvent être carrés, avec quatre lobes bien marqués, coniques ou allongés. Les plus grands atteignent 25cm de long. Selon leur forme on classe les poivrons en deux types : Les variétés italiennes : allongées et pointue plus mince Les variétés américaines : carrées ; a trois ou quatre lobes et a chair épaisses Parmi ces nombreuses variétés on peut citer :

- Doux très long des landes (fruit fin et droit, rouge)
- Doux de bergame (fruit long et fin, rouge)
- Petit Marseillais (petit fruit carré, jaune orangé)
- Corno di Toro (fruit allongé, jaune ou rouge)
- Marconi Rosso (fruit de 20cm de long, rouge)
- Quadrato d'Asti (fruit carré, jaune ou rouge)
- Bianca F1 (fruit carré, blanc d'ivoire)
- Gypsy F1 (fruit jaune dès le départ, virant à l'orange, puis au rouge)
- Mavras F1 (fruit carré, violet foncé)
- Ariane F1 (fruit carré, orange vif)
- Mogador F1 (fruit carré, jaune)

A Mostaganem, les agriculteurs cultivent généralement les variétés suivantes :

- Le plein champ : Asgrew (quatre coins) et le poivron d'Espagne
- Le sous serre : Magister hybride F1

2. morphologie

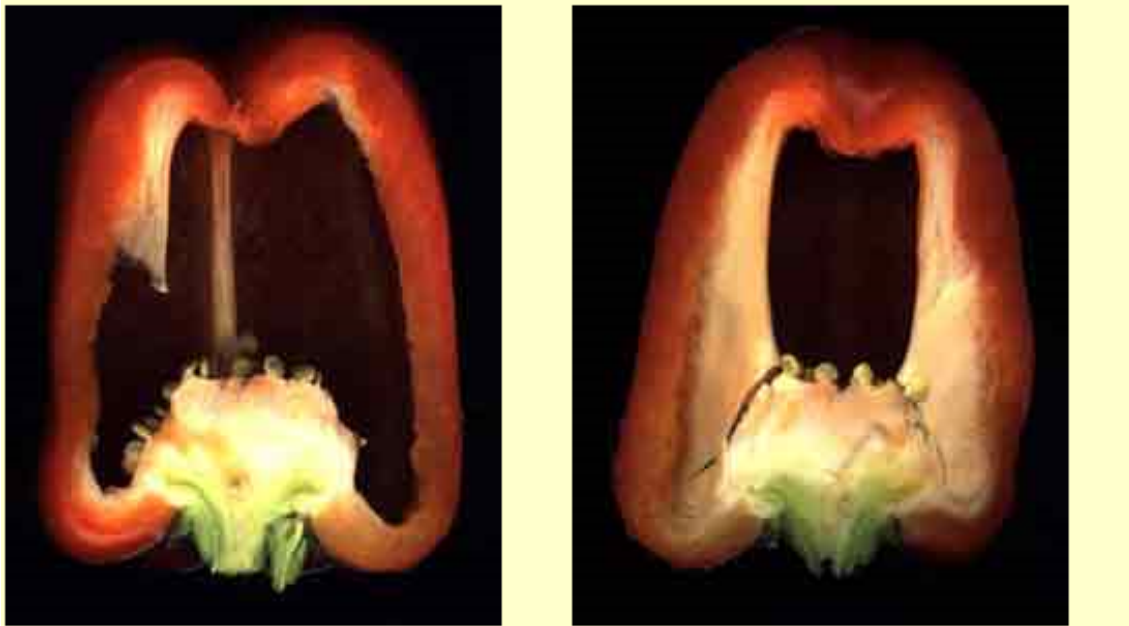
2.1. Morphologie externe



FIGURE 1.6 – Poivrons

Les traces des pièces florales (sépalés) sont visibles autour du pédoncule. Ce fruit dérive donc de la transformation d'un ovaire supère.

2.2. Coupe longitudinale



Sections longitudinales. Sur celle de gauche, on observe une cloison qui partage le poivron sur toute sa longueur (deux carpelles en **placentation axile**). Le placenta et les graines sont localisés dans la partie basse. Les cloisons sont incomplètes, il est donc difficile sur une coupe longitudinale de bien définir le type de placentation.

FIGURE 1.7 – Sections longitudinales

Sur celle de gauche, on observe une cloison qui partage le poivron sur toute sa longueur (deux carpelles en placentation axile). Le placenta et les graines sont localisés dans la partie basse. Les cloisons sont incomplètes, il est donc difficile sur une coupe longitudinale de bien définir le type de placentation.

2.3. Section transversale



Trois sections transversales d'un même poivron. A gauche près de la base, on distingue trois loges séparées par des cloisons (dont une surnuméraire). Les placentas et les graines se trouvent près de l'axe (placentation axile). A droite dans la partie terminale, les cloisons sont incomplètes et ne portent plus de graines.

FIGURE 1.8 – Trois sections transversales d'un même poivron

A gauche près de la base, on distingue trois loges séparées par des cloisons (dont une surnuméraire).

Les placentas et les graines se trouvent près de l'axe (placentation axile). A droite dans la partie terminale, les cloisons sont incomplètes et ne portent plus de graines.

L'ovaire de type de Solanacées (poivrons, piments, tomates) est classiquement formé de deux carpelles soudés à placentation axile. Chez les plantes cultivées, on observe souvent trois carpelles (cloisons surnuméraires).

Agronomie du capsicum annuum

I. Culture du poivron

1. choix du sol et le pH

Le poivron est très exigeant en qualité de sol. Ses exigences sont plus grandes que celles de la tomate. Le sol préféré présente les caractéristiques suivantes : sol profond, bien drainé, chaud et bien pourvu en humus et en matières nutritives aisément assimilables (Basu et De, 2003). Les sols légers conviennent à la culture de primeur; les sols frais, silico-argileux sont convenables à la culture de saison. Le poivron redoute plus l'acidité de sol que son alcalinité. L'optimum se situe vers un pH de 5,5 et 7.

2. Exigences écologiques

Fondamentalement, le poivron peut être cultivé dans le monde entier, mais il se développe mieux dans les régions tropicales et les régions subtropicales. Il nécessite des conditions climatiques humides et chaudes ayant une température idéale allant de 18°C à 28°C ainsi que des précipitations annuelles uniformément réparties. Bien que les plantes de capsicum poussent comme un arbuste vivace dans les conditions climatiques appropriées, elles sont généralement cultivées comme annuelles ailleurs.

Les piments capsicum sont considérés comme des plantes de saison chaude, neutres pour le jour, bien que certaines formes puissent montrer une réaction photopériodique. Le cycle végétatif peut être accéléré en imposant certaines photopériode, mais les rapports de littérature sont contradictoires. Les poivrons ont tendance à tolérer des conditions d'ombre jusqu'à 45% du rayonnement solaire dominant, bien que l'ombre puisse retarder la floraison.

3. Exigences en chaleur

Le poivron est l'une des plantes maraichères les plus exigeantes en température, mais moins exigeant en ensoleillement que la tomate. Le poivron est très sensible aux températures basses, le zéro végétatif est de 14°C. Son développement optimal s'observe sous des températures variant entre 16 à 26°C et pour un éclairement de l'ordre de 50 à 60% du rayonnement solaire tropical, surtout les jeunes plantes. Sous les tropiques, une altitude de 400 à 800 m lui est favorable (CIRAD, 2002). Son optimum de croissance se situe à 24°C. Les températures supérieures à 35°C réduisent la fructification et la photosynthèse. Les exigences de la culture en lumière sont très grandes (Skiredj, et al, 2005).

4. Exigence en lumière

Le poivron requiert une bonne luminosité, dans le cas contraire, le cycle végétatif du poivron se raccourcit. Les Capsicum sont des plantes de jours-courts facultatifs, cela veut dire que la floraison se réalise mieux et est plus abondante en jours courts pourvu que la température et les facteurs climatiques soient adéquats. Les exigences photopériodiques varient de 12 à 15 heures (Valdez, 1994)

5. Exigence en eau

Le poivron est fort exigeant en humidité de sol. Celui-ci doit avoir 80-85% d'humidité afin d'obtenir de bons rendements. Lorsque l'humidité relative de l'air est basse (inférieure à 60%) et la température est élevée, les fruits ne grandissent pas. Le poivron fatigue rapidement le sol. Les besoins de la culture se situent aux environs de 400 mm pendant la période végétative et de 200 à 400 mm pendant la période de cueillette, soit 600 à 800 mm/cycle. Le but essentiel de tout système d'irrigation consiste à mettre à la disposition de la plante la quantité d'eau nécessaire à ses besoins en temps opportun. Toute erreur en irrigation a des conséquences graves sur la production puisque la faculté restauratrice des racines du poivron est faible (Skiredj, et al, 2005).

6. Rotation

Changer chaque année l'emplacement des poivrons car ils consomment en grande quantité d'éléments nutritifs du sol et attirent les maladies. Attendre au moins 3 ans entre deux semis ou plantations de poivron sur un même emplacement.

Le poivron est conduit comme une culture de renouvellement. Il ne doit pas se succéder à lui-même ni les plantes de la même famille (aubergine, tomates, pommes de terre) ou les courges, elles sont aussi très gourmandes en éléments nutritifs. Les poivrons apprécient de succéder à une culture de légumes racines, moyennement gourmands, comme les carottes ou les navets.

Si le sol n'est pas trop appauvri, privilégier les légumes bulbes (ail, oignon ou poireau). Les poivrons peuvent terminer une rotation. Dans ce cas, faire succéder aux poivrons des engrais verts ou des légumineuses améliorantes (fèves, pois, haricots).

II. Fertilisation minérale

Au fur et à mesure que les plants grandissent, leurs besoins s'augmentent en éléments nutritifs. Puisque ces éléments nutritifs doivent être disponibles à des moments bien précis, un apport fractionné est très recommandé. La fumure de fond recommandée dans la plupart des sols à richesse moyenne est la suivante :

fumier décomposé : 40-50 T/ha ; N : 100 kg/ha sous forme de sulfate d'ammoniaque ou d'urée ; P : 150 kg/ha sous forme de super triple 45% ; K : 120-150 kg/ha sous forme de sulfate de potasse ou de KCl sauf en cas de forte salinité de sol. Le poivron exige une grande quantité de fumure minérale et organique. Il ne supporte pas le fumier récent. Il donne plutôt de bons résultats lorsque le fumier est bien décomposé. Les besoins du poivron dépendent de son stade végétatif. On distingue 3 stades différents : Le premier stade dure environ 10 semaines suivant la plantation. Il est caractérisé par une croissance assez lente et des besoins faibles en éléments minéraux. Le deuxième stade dure également 10 semaines et il est caractérisé par une croissance rapide et un début de production. Au cours de cette période les besoins en éléments minéraux sont importants. Le troisième stade, d'une durée de 10 à 15 semaines, présente une intense activité de croissance et de production (70% de la récolte totale). Durant cette période, la consommation en éléments minéraux est la plus forte. En général, la culture est ferti-irriguée. Les solutions nutritives adaptées présentent les équilibres respectifs suivants selon les stades cités : 1-1-1 ; 1-0,5-1,2 et 1-0,2-2,5. Une trentaine de kg d'azote sont donnés par décade/ha. Les autres éléments sont calculés en fonction de l'azote (N) (Skiredj, et al, 2005).

III. Conduite et pratique culturales

La culture de cette solanacée n'est pas très compliquée : elle est essentiellement liée aux conditions climatiques. Binez soigneusement au démarrage et maintenez le sol frais mais sans excès : les poivrons sont très sensibles aux excès d'eau qui provoqueraient inmanquablement une asphyxie racinaire. Paillez fin juin quand la terre est chaude. Pour ce type de plantes, un paillage minéral fait de briques, de tuiles pilées ou d'ardoise permet de gagner quelques précieux degrés. Plus qu'une véritable taille, on pince les poivrons au mois d'aout quand ils ont formé une quinzaine de fruits environ, en coupant les tiges à deux feuilles au dessus du dernier fruit former.

La plante de poivron est hermaphrodite (avec des fleurs hermaphrodites) qui se développe sur un

cycle d'un an. Les croisements sont faciles et la maturation du semis s'échelonne sur les deux mois de juillet et août. On peut produire jusqu'à 10 grammes de graines par plante. Les semences possèdent une durée de faculté germinative de 3 à 4 ans.

1. L'obtention des plants

La mise en place de plants sains et de qualité est indispensable. L'élevage en mottes, mini mottes, petits pots plastiques de 5 par 6 ou en plaques alvéolées est recommandé.

Cet élevage sera conduit en pépinière abritée, sur tablette, ou au niveau du sol sur bâche plastique en cas de grande surface à mettre en culture. Le semis se fait directement en pots ou mottes. Les semences petites, sont peu enterrées (théoriquement, il est conseillé de ne pas dépasser 1,5 fois la taille de la graine). Le substrat est légèrement tassé avant le semis, et la graine est recouverte de perlite après semis. Le terreau doit être enrichi en minéraux (dans les éléments majeurs). Des applications foliaires complémentaires sont nécessaires, en particulier lorsque les irrigations par aspersion entraînent une lixiviation du terreau en éléments solubles (azote, potasse); les oligo-éléments compléteront utilement l'alimentation minérale. Les semences de poivron étant sensibles à la chaleur, les semis réalisés en saison chaude seront recouverts d'une plaque de polystyrène blanc. En saison fraîche, les germinations seront améliorées par une couverture plastique transparente, qui a pour effet d'augmenter la température. Les matériaux seront retirés dès le début de la germination. Les traitements phytosanitaires doivent commencer à la pépinière, afin d'éviter les contaminations précoces. L'utilisation des bacs en sub-irrigation assurant une alimentation en eau par remontée capillaire permet une meilleure efficacité des traitements et en conséquence une meilleure maîtrise des maladies bactériennes et cryptogamiques (infestations moindres et contrôle chimique plus efficace). Le temps de présence en pépinière variera selon la saison, entre 30 jours en été à 40 jours en saison fraîche. La taille optimum du plant à la mise en place sera d'environ de 20 cm de haut, à 8-10 feuilles, juste avant apparition du premier bouquet floral. Les plants ne devant pas être étiolés, devront recevoir suffisamment de lumière. Leur écartement en cours d'élevage devra probablement être nécessaire, particulièrement par temps couvert, peu lumineux, et chaud. (Saint louis et al,2001).

2. La plantation

Le sol doit être profond, de texture moyenne, se ressuyant bien, bien aéré, légèrement motteux. La culture peut se conduire à plat en saison fraîche et en sol drainant. En sol de texture argilo-limoneuse, et en période pluvieuse, la conduite sur planche est préférable. Cette technique est souvent utilisée en association avec le paillage du sol et l'irrigation au goutte-à goutte. La densité et les écartements entre plants dépendent des moyens matériels de culture et de la superficie en culture. Les rangs simples

assurent une meilleure aération, une facilité de récolte. Sur le rang, les plants peuvent être disposés de 0,40 m (variété à végétation limitée) à 0,50 m (variété à végétation plus vigoureuse). L'écartement entre rangs va dépendre des outils de travail. Le jumelage des rangs sur planches est souhaitable, car cela permet d'élever la densité à 22 000 plants par hectare environ ; par exemple planches à 1,70 m – 1,80 m entre-axes, plantation en quinconce à 0,50 m d'écartement sur lignes jumelées distantes de 0,50m – 0,60m. Sur grandes surfaces l'élargissement des passages à l'écartement des roues de tracteur pour l'exécution des traitements, le ramassage des récoltes, sera à préciser. La plantation est une opération délicate ; elle doit être réalisée si possible par temps frais, ou le soir, les mottes ou pots ayant été suffisamment humidifiés au préalable. Le collet des plants ne doit jamais être enterré, sous peine de favoriser les pourritures et le flétrissement des plants. La plantation doit être précédée d'une irrigation si nécessaire ; celles-ci seront particulièrement surveillées pendant la phase de reprise (petites irrigations facilitant le développement du système racinaire). (Saint louis et al,2001).

3. Le Tuteurage

Les plants sont fragiles, les branches cassent facilement sous l'effet du poids des fruits, du vent. Il faut donc les tuteurer. Deux méthodes sont praticables :

- plusieurs étages de deux ficelles horizontales tous les 20 à 30 cm tendues le long de la ligne des plants entrecroisées sur piquets d'un diamètre de 10 cm distants de 3-4 mètres. Ce système est mieux adapté aux rangs doubles.
- une armature en double tous les 3-4 mètres sur la ligne de plantation sous tendant de part et d'autre deux fils de fer à 60 et 40 cm du sol et un fil unique à environ 20 cm du sol au premier niveau de ramification. Ce système est bien adapté aux rangs simples. Il est préférable en zone ventée d'attacher les plants à la ficelle se trouvant le plus près du sol. (Saint louis et al,2001). Cette technique présente plusieurs avantages. Tout d'abord, elle empêche les feuilles et les fruits de toucher le sol. En même temps, la taille laisse une espace supplémentaire pour l'aération. De plus, la récolte devient beaucoup plus facile. Les producteurs en extérieur utilisent des piquets et y attachent doucement les plantes.

4. Irrigation

Les besoins de la culture se situent aux environs de 400 mm pendant la période végétative et de 200 à 400 mm pendant la période de cueillettes, soit 600 à 800 mm/cycle Les besoins en eau sont élevés durant la végétation et a l'approche de la récolte. Il faut maintenir une humidité constante dans le sol avec des irrigations modérées. Deux à trois binage-sarclages sont nécessaires ainsi que des arrosages réguliers le long du cycle cultural.

IV. Situation phytosanitaire du poivron

Plusieurs nuisibles sont responsables des dégâts que subissent le poivron durant son cycle de production. La pépinière doit être bien entretenue : lutte contre les larves de noctuelle (insecticides à base d'Endosulfan, de Methomyl ou de Methamidophos), contre les pucerons (Pirimicarbe, Isolane, Diméthoate, méthomyl) et les rongeurs (appâts empoisonnés). Les traitements par des fongicides à base de manèbe, mancozèbe ou produits similaires pourront être utilisés pour éviter certaines attaques cryptogamiques. Il est recommandé de lutter contre les principaux agents pathogènes par des traitements préventifs. En particulier, la culture doit être protégée contre l'oïdium, la pourriture grise (*Botrytis Cinerea*), les acariens en temps chaud, le mildiou, *Rhizoctonia* et le coup de soleil (en cas de fort effeuillage). Les produits de traitement sont disponibles sur le marché ; les doses d'utilisation sont prescrites sur les emballages.

V. Maladies et ravageurs

| maladie et ravageur | Symptômes | Méthodes de lutte |
|-----------------------------|---|---|
| Nématodes | <ul style="list-style-type: none"> • Flétrissement de plantes atteintes, • Rabougrissement (nanisme), • Jaunissement des feuilles, • Perte prématurée des feuilles et des fruits, • Mort des plantes, • Présence de galle sur les racines faisant disparaître les poils absorbants. | <ol style="list-style-type: none"> 1. La prophylaxie sanitaire est plus conseillée : solarisation, submersion, et le vide sanitaire ; 2. Bonnes pratiques culturales : rotation, association des cultures ; 3. Utilisation des variétés résistantes ; 4. Utilisation des tourteaux de neem. |
| Pucerons | <ul style="list-style-type: none"> • Présence des insectes de petite taille sur la face inférieure des feuilles, • Affaiblissement de la plante due au prélèvement de la sève par les insectes, • Déformation des feuilles, • Présence de fumagine empêchant la photosynthèse, • Réduction de la croissance des plantes. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Inspection régulière suivie de la destruction par arrachage de plantes attaquées ; 2. Traitement à 3. L'aide d'insecticides sélectifs dès que l'attaque est détectée : 4. Mise en place de bonnes techniques culturales élimine plus de 75% des pucerons. |
| Chenilles (ex : helioverpa) | <ul style="list-style-type: none"> • Les chenilles se nourrissent des feuilles et défolient la plante, • Elles occasionnent des dégâts sur les fruits tout en laissant leur déjection à l'intérieur des fruits. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Utilisation des produits à base de neem ; 2. Pulvérisation des produits insecticides adaptés et homologués. |

| | | |
|---------------------------------------|---|---|
| Acariens | <ul style="list-style-type: none"> • Présence en dessous des feuilles, • Apparition de jaunissement à la base des feuilles âgées, suivie de, l'épaississement et du rabougrissement de feuillage. | Utilisation d'acaricide |
| Champignons (ex : Fusarium oxysporum) | <ul style="list-style-type: none"> • Jaunissement du feuillage, • Flétrissement de la plante. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Destruction des résidus de récolte. 2. Traitement préventif avec des produits à base de mancozeb ; 3. Utilisation des variétés résistantes ; 4. Bonnes pratiques culturales : rotation, vide sanitaire. |

TABLE 2.1 – maladie et ravageur

VI. Système bio

Une période de conversion d'au moins deux ans est requise pour les cultures annuelles avant que les produits puissent être certifier comme étant issus de l'agriculture biologique. Il est nécessaire de mieux comprendre les différentes options de gestion pour passer de la production conventionnelle a la production biologique.

VII. Récolte et conservation

La majorité des poivrons atteignent leur pleine maturité et sont prêts à être récoltés 2 à 3 mois après la transplantation. Le moment de la récolte dépend de la variété de poivron, des conditions environnementales et bien sûr de l'âge des plants. En général, les variétés colorées arrivent à maturité plus tard que les variétés vertes. A quelque rare exceptions tous les poivrons passent par la couleur verte avant de prendre ensuite à maturité leur teinte définitive : rouge, jaune, pourpre, marron, etc. Ces fruits ont une particularité de pouvoir être cueillis avant d'être murs. Dans les grandes exploitations agricoles commerciales de plein air, les producteurs utilisent des équipements mécaniques pendant la

récolte. Toutefois, dans la plupart des cas, les producteurs récoltent les poivrons manuellement. Ils les récoltent en coupant le pédoncule avec un sécateur. Les branches et le système racinaire de ces plantes sont fragiles. Le moment adéquat varie. De nombreux producteurs récoltent lorsque les fruits ont une taille acceptable de leur variété mais restent en même temps croquants et verts (pour les variétés vertes). Les variétés colorées doivent avoir juste commencé à obtenir la couleur caractéristique de leur variété. Ceci est crucial, surtout pour les poivrons qui vont être transportés sur de longues distances. La période de récolte peut durer plusieurs mois. Ainsi, les agriculteurs récoltent les fruits en plusieurs fois (2 à 3 fois par semaine). Après la récolte, la durée de conservation des fruits du poivron est principalement limitée par le flétrissement associé à une perte d'eau rapide, à la vulnérabilité aux dommages dus au froid et à la pourriture pathologique (Maalekuu et al., 2014). Mûrs, les fruits se gardent nettement plus longtemps qu'immaturs, le plus simple étant de les faire sécher tout simplement, puis de les employer au fur et à mesure des besoins, râpés, réduits en poudre, etc. on peut aussi les conserver à l'huile ou en pickles avec du vinaigre. Le poivron peut se conserver environ une semaine dans le bac à légumes du réfrigérateur.

VIII. Critère de qualité

Les critères de qualité du poivron doivent reposer sur sa couleur franche, son épiderme lisse et brillant, sa fermeté et sa chair turgescente. Le pédoncule doit être vert, correctement coupé et adhérent à la capsule. Choisissez des poivrons fermes et de couleur éclatante. Ils doivent être sans fissure de croissance, zones plus molles ou coups de soleil. Un poivron déformé et de couleur non uniforme n'est pas signe de mauvaise qualité ! Une cicatrice bien formée et sans coulure n'enlève rien au poivron, sauf à son apparence esthétique.

propriété physico-chimiques et nutritionnelles du poivron

I. Caractéristiques physique du poivron

- Le pigment responsable de la couleur vert du poivron est principalement la chlorophylle (Lightbourn, 2008), mais le poivron vert contient aussi des xanthophylles et ses dérivés (ex : lutéine, esters de xanthophylle) et des carotènes en plus faible quantité (Bonaccorsi, 2016).
- Le poivron vert contient moins de xanthophylles libres que le poivron jaune, mais plus que le poivron rouge. En revanche, il contient moins d'esters de xanthophylle et de carotènes que le poivron jaune et que le poivron rouge (Bonaccorsi, 2016).

II. Composition nutritionnelle

| | |
|------------------------|---------------------------|
| Constituants | (g/100g de fruits frais) |
| Eau | 91 ± 0.6 |
| Glucose | 0.85 ± 0.1 |
| Fructose | 0.75 ± 0.1 |
| Amidon | 0.81 ± 0.2 |
| Fibres | 2.20 ± 0.3 |
| Lipide totaux | 0,33 ± 0,08 |
| Protéine | 0.99 ± 0.03 |
| Cendres | 0,41 |
| Constituants | (mg/100g de fruits frais) |
| Acide citrique | 28 ± 12 |
| Acide fumarique | 1.1 ± 0.4 |
| Acide malique | 208 ± 18 |
| Acide oxalique | 140 ± 24 |
| Acide quinique | 183 ± 64 |
| Vitamine C | 24 ± 12 |
| Trans-luteine | 1.6 ± 0.3 |
| Trans β carotène | 0.92± 0.4 |
| Caroténoides | 5,8 |

TABLE 3.1 – Composition chimique de Capsicum Annuum L.

| | |
|---------------------|------------------|
| Nutriments | Teneur pour 100g |
| Protéines | 0.93g |
| Glucides | 2.36g |
| Sucres totaux | 2.36g |
| Cendre | 0.31g |
| Fibres alimentaires | 1.2g |
| Lipides | 0.02g |
| Eau | 92g |

TABLE 3.2 – composition du poivron vert cuit

III. Apport calorique et analyse nutritionnelle

Le poivron provient du même arbuste que le piment. Et bien qu'il soit consommé comme légume, il s'agit en réalité du fruit d'une variété de solanacée. Très riche en vitamine C, il fournit de nombreux autres micronutriments protecteurs, notamment des caroténoïdes et des flavonoïdes. Plus il est mûr, rouge donc, plus sa concentration en substances anti-oxydantes est importante. Composé à plus de 90% d'eau, le poivron contient peu de nutriments énergétiques. Son apport calorique reste par conséquent très modeste. Il est essentiellement dû à ses glucides, qui comprennent surtout du glucose et du fructose. Les protéines et les lipides ne sont présents qu'en très faibles quantités. Le poivron frais constitue le légume frais le plus riche en vitamine C (76 à 243mg/100g, base de poids frais). Il apporte aussi de la vitamine A et des provitamines A, surtout lorsqu'il est bien mûr (rouge). Il constitue également une bonne source de vitamines de groupe B, notamment **B6** et **B9** et de la **vitamine E**.

Le poivron jaune cru est particulièrement bien pourvu en vitamine B9 tandis que le poivron vert est source de **vitamine K**. Il renferme de nombreux minéraux et oligo-éléments : beaucoup de fer, du cuivre, du calcium, du potassium, du phosphore, du manganèse et du zinc. Sa chair et sa peau offrent des teneurs élevées en substances anti oxydantes : **caroténoïdes** et **flavonoïdes**. Les poivrons rouges présentent quant à eux de bonne concentration en bêta-carotène et en bêta-crypto xanthine, des composés précurseurs de vitamine A dans l'organisme. Il contient aussi du lycopène, un composé antioxydant (caroténoïde non pro vitaminique A) Ses fibres (celluloses et des hémicelluloses) sont relativement abondantes. Pour profiter aux maximum des bienfaits des vitamines et minéraux contenus dans le poivron, il est conseillé de consommer cru. Il est d'une très grande richesse en vitamine C (surtout le rouge), en bêta-carotène et pauvre en calories.

1. Polyphénol et activité antioxydant

Plusieurs auteurs ont rapporté que le piment est une source très riche en polyphénols (Marin et al., 2004 ; Materska et Perucka, 2005 ; Wahyuni et al., 2011 ; Materska, 2014). Parmi ces composées, les acides hydroxycinnamiques (acide transferulique et Trans-sinapique) et les flavonoïdes (quercétine, lutéoline et apigénine sous leurs formes glycosides) sont les plus représentés (Marin et al., 2004 ; Materska et Perucka, 2005). Le contenu en polyphénols varie selon la variété et la maturité du piment. Le taux des flavonoïdes varie de 1 à 852 mg/kg dans les différents types de piment en fonction des facteurs génétiques de la plante et des conditions environnementales (Lee et al., 1995). Les antioxydants sont des composés qui protègent les cellules du corps des dommages causés par les radicaux libres. Ces derniers sont des molécules très réactives qui seraient impliquées dans le développement des maladies cardiovasculaires, de certains cancers et d'autres maladies liées au vieillissement (Willcox et

al., 2004; Chuah et al., Obah et Rocha, 2007). L'activité antioxydante des poivrons peut varier selon leur stade de mûrissement, mais aussi selon leur origine géographique, la saison et les conditions de culture (Bosland, 2004; Oboh et Rocha, 2007). Les poivrons verts et rouges contiennent des quantités variables de plusieurs types d'antioxydants tels que les caroténoïdes et les flavonoïdes. Le poivron est une excellente source de vitamine C dont les propriétés antioxydantes contribuent aussi à la santé des os, des cartilages, des dents et des gencives. De plus la vitamine C protège contre les infections, favorise l'absorption du fer et accélère la cicatrisation (Lee et al., 1995; Topuz et Ozdemir, 2007; Pigeon, 2009)

2. Les pigments du poivron

2.1. Chlorophylle

La chlorophylle, de par sa couleur verte, est le principal pigment contenu dans le poivron. Elle se trouve dans le chloroplaste des cellules végétales. Elle est indispensable pour l'activité photosynthétique de la plante qui consiste à produire de l'énergie chimique (ATP) à partir de l'énergie lumineuse du soleil. En effet la lumière du soleil est captée par la chlorophylle.

2.2. Caroténoïdes

Les caroténoïdes sont des pigments responsables de la couleur jaune, orange et rouge de nombreux types de légumes. Cependant, ils sont de plus que des simples pigments et jouent également un rôle important en tant qu'antioxydant. En leur qualité d'antioxydants, les caroténoïdes protègent les cellules et les tissus contre les espèces oxygénées radicalaires (ROS) nocives, agissant comme pièges à l'oxygène moléculaire singulier, de radicaux peroxy et d'espèces azotées réactives (RNS).

IV. Atouts gustatifs

Le poivron est un légume qui se consomme cru ou cuit. Cru, sa texture croquante et rafraichissante est appréciée dans les salades mélangées. Cuit, on utilise comme légume d'accompagnement pour les plats de viande ou de poisson ou pour préparer la ratatouille. On peut aussi le manger farci. Originaire de Hongrie et préparé à partir de poivrons rouges déshydratés, le paprika est utilisé, entre autre, pour préparer du goulasch. Selon les variétés utilisées, il peut être plus ou moins doux ou fort.

V. Propriétés médicinales

Il contient une substance, la lutéoline, une flavone qui agit en activant des circuits neuronaux impliqués dans l'apprentissage. Le poivron est aussi une source d'anticancer : les capsates sont des substances chimiques dans le poivron qui peuvent provoquer la mort des cellules tumorales et ainsi permettre d'éviter le développement des tumeurs cancéreuses⁷. Les capsates sont très proches des capsinoïdes contenues dans le piment et elles ont le même effet. Il est aussi riche en vitamine C, laquelle a été extraite pour la première fois en 1933 à partir du poivron et du paprika par Albert Szent-Györgyi.

VI. Contre-indication et allergie au poivron

Le poivron vert fait partie des aliments pouvant être incriminés dans le syndrome d'allergie orale. Ce syndrome est une réaction allergique à certaines protéines d'une gamme de fruits, de légumes et de noix. Il touche certaines personnes ayant des allergies aux pollens de l'environnement. Ce syndrome est presque toujours précédé par le rhume des foins. Lorsque certaines personnes allergiques au pollen de bouleau consomment du poivron vert cru (la cuisson dégrade habituellement les protéines allergènes), une réaction immunologique peut survenir. Des symptômes locaux se limitant à la bouche, aux lèvres et à la gorge tels que des démangeaisons et des sensations de brûlure peuvent alors survenir, puis disparaître habituellement quelques minutes après avoir consommé ou touché l'aliment incriminé. En l'absence d'autres symptômes, cette réaction n'est pas grave et la consommation de poivron vert n'a pas à être évitée de façon systématique. Toutefois, il est recommandé de consulter un allergologue afin de déterminer la cause des réactions aux aliments végétaux. Ce dernier sera en mesure d'évaluer si des précautions spéciales doivent être prises.

VII. L'influence des organes sur le critère de qualité

Sous le terme qualité organoleptique du fruit on réunit un ensemble de critères évalués par quatre de nos cinq sens. IL s'agit de la vue et du toucher, qui seront sollicités afin d'évaluer la couleur, la forme et la fermeté du fruit. L'odorat et le goût interviennent au moment de la mise en bouche pour la perception des saveurs, sucrées et acides essentiellement, des arômes et de la texture (Janse et Schols, 1995 ; Stevens, 1972). La flaveur (saveur et arôme) du fruit se caractérise majoritairement par des composantes chimiques associées à la teneur en sucres, en acides et à la composition en arômes. La perception des saveurs sucrées et acides est principalement associée aux teneurs en fructoses, dont le pouvoir sucrant est supérieur au glucose, et en acide citrique (Stevens et al., 1977). Durant les der-

nières étapes de murissement, la synthèse d'une vaste gamme de composés volatils contribuent également au goût et à l'arôme du fruit. Des sélections pour la forme et le calibre ont été essentiellement conduites par des mesures du nombre de loges, de poids du fruit et de la précocité.

Deuxième partie

Expérimentale

Matériels et méthodes

Présentation géographique de la zone d'étude

Les différents échantillons ont été récoltés dans deux régions de la wilaya de Mostaganem à savoir Achacha qui se situe sur le Dahra occidental avec Mostaganem à l'ouest et Ténès à l'Est se trouvant à peu près à égale distance, 75 à 80 kilomètres qui a un climat méditerranéen avec été chaud et hiver tempéré (Classification de Koppen : Csa) .Et Sirat une commune de Mostaganem qui a un climat semi-aride sec et chaud (Classification de Koppen : BSh) la température moyenne est de 18.1°C et les précipitations sont en moyenne de 382mm par comparaison a Achacha, la température annuelle est de 19,2 et une pluviométrie qui varie entre 350 mm à 400 mm.



FIGURE 4.1 – Localisation de Achacha



FIGURE 4.2 – Localisation de Sirat

Objectif :

- Le but de ce travail est à priori d'analyser l'évolution au froid à 4°C (poivron frais) et dans le congélateur à -18°C (poivron frit) de certains paramètres physicochimiques tel que : le pH, M.S, humidité, M.M, M.O, lipides avec un suivi de 10 jours (chaque 5 jours) pour les frais et 1 mois (chaque 7 jours) pour les frits.
- Le dosage de la vit C, chlorophyle a, chlorophyle b, et carotenoides ont été effectués sur les poivrons à l'état frais et la peroxydation lipidique sur les poivrons frits.
- Avec la poudre obtenue après séchage les analyses comme : les polyphénols, activité antioxydante, sucre totaux, sucre reducteurs ont été effectués.
- le test de dégustation a été mené sur le poivron à l'état cru et à la vapeur donc l'influence de la vapeur sur la vit C a été contrôlé.
- Pour parfaire la comparaison qualitative entre les deux zones d'étude quelques paramètres sur le sol ont été déterminés : humidité, M.O, pH, conductivité ainsi que la granulométrie.

I. Matériel végétal

L'origine des poivrons (*capsicum annum*) utilisé dans cette étude a été récolté dans deux régions de Mostaganem à savoir : Sirat et Achacha. Les poivrons provenant de Achacha ont une forme allongée à trois lobes (variété Nour selon l'agriculteur) quand à Sirat elle est plutôt carrée à quatre lobes (nom de la variété inconnu). Les poivrons des deux régions à la cueillette étaient vert. Certains mûrissent avec le temps pour changer de couleur (rouge généralement). Le poids Moyen du poivron est de 125g.



FIGURE 4.3 – Poivron provenant de la région de Achacha

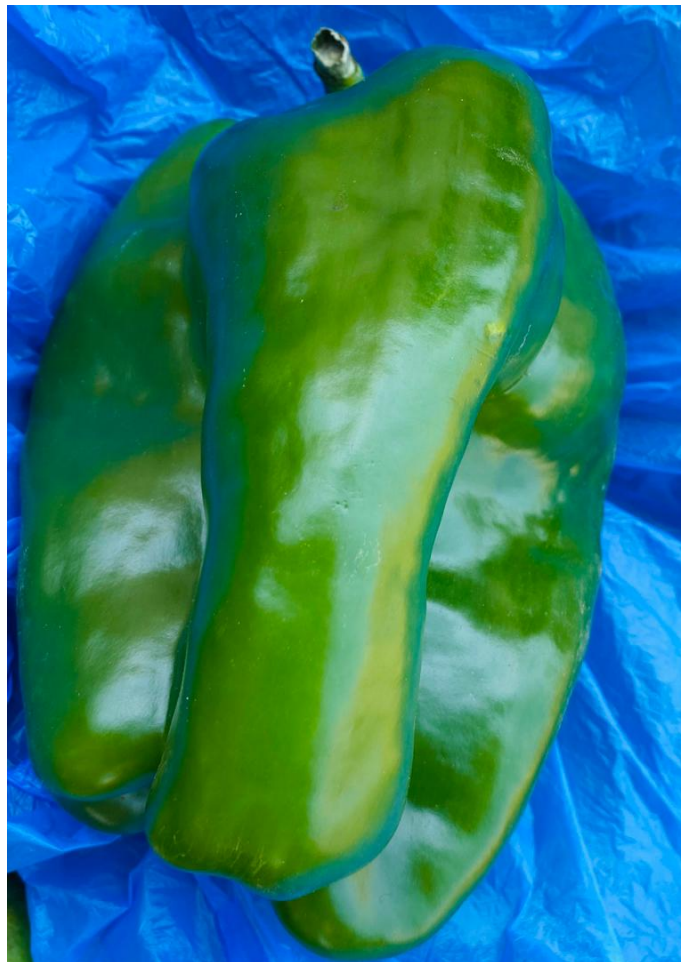


FIGURE 4.4 – Poivron provenant de la région de Sirat

II. Echantillonnage, traitement préliminaire des produits et autres matériels utilisés

Après notre descente sur terrain, nous avons pesé, trié manuellement, et lavé . Après, les échantillons de chaque régions ont été répartis en 05 groupes comme suit :

- Lot I : produit conservé dans une température de 4°C,
- Lot II : produit ayant subi une friture et conservés à une température 0°C,
- Lot III : poivron ayant une subit un traiteemnt à la vapeur,
- Lot IV : poivron séché dans l'étuve,
- Lot V : un poivron conservé à 4°C pendant 10 jours pour évaluer la perte de poids, largeur.

III. Traitement des échantillons

1. Traitement à la vapeur

Une quantité de poivron frais nettoyée est mise sur en vapeur sur un feu doux, pendant 20 minutes.

2. Traitement à la Friture à l'huile

Couper en petits tranches, 500g de poivron a été mise dans une poêle contenant environ 250 ml d'huile d'olive, la friture sera réalisée sur un feu fort pendant environ 20 min.

3. Séchage

Le séchage d'une partie de mes échantillons a été effectué dans l'étuve à 40°C pendant une semaine.



FIGURE 4.5 – Poivron à des fins de séchage

Après leur cuisson, les différents échantillons sont conservés à -18°C pour des analyses ultérieures (sauf le poivron séché).

IV. Analyses physico-chimiques

1. Détermination du taux de matière sèche et l'humidité (AFNOR,1985)

a. Principe :

Le principe de cette méthode consiste à faire subir aux échantillons un chauffage de 100 à 105°C pendant 24h dans une étuve ventilée. La teneur en eau est exprimée en % du poids d'eau par rapport au poids de matière sèche.

b. Mode opératoire :

- Peser le creuset en porcelaine avec lequel nous allons devoir travailler.
- Peser une masse d'échantillon(m) de chaque lot.
- Faire pénétrer les échantillons dans l'étuve (100 à 105 °C) pendant 24h.
- Refroidir dans un dessiccateur et peser l'ensemble de masse M.

La teneur en matière sèche est déterminée à partir de l'équation :

$$\%MS = 100 * (M - M_0) / m$$

Ainsi, le taux d'humidité est déterminé par déduction :

$$\%H_2O = 100\% - \%MS$$

MS : matière sèche

M : la masse de l'ensemble

Mo : le poids du creuset vide (g)

m : masse de l'échantillon (g)

2. Détermination de la matière minérale (AFNOR, 1985)

a. Principe :

La matière minérale (MM) représente la partie d'un produit qui reste une fois que la matière organique a été totalement extraite. Elle est déterminée par incinération de l'échantillon.

b. Mode opératoire :

- Placer l'échantillon sec préalablement obtenu dans une étuve portée à 550°C pendant 3 heures.
- Refroidir dans un dessiccateur et peser l'ensemble de masse MM.

La teneur en matière minérale est calculée de la manière suivante : $\%MM = (M1 - Mo/PE) * 100$

MM : matière minérale

M1 : poids du creuset avec le poids des cendres brutes (g)

PE : prise d'essai

3. Détermination du potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH des échantillons de poivrons a été déterminée selon la norme (Rejsek, 2002). A partir d'un mélange résultant du broyage de 10g de poivron dans 90ml d'eau distillée. La suspension est homogénéisée à l'aide d'un homogénéisateur <ultra thurax> pendant 15 minutes. Le pH est obtenu à l'aide d'un PH-mètre préalablement étalonner en introduisant l'électrode dans l'homogénéat.

- On met le produit/pelure séché dans un bécher et on ajoute neuf fois son volume d'eau distillée (ED).
- On chauffe dans un bain marie pendant 30 minutes en remuant de temps en temps, ensuite le mélange est broyé dans un mortier (AFNOR, 1982).
- Puis on étalonne le pH mètre avec une solution tampon dont pH est de 7 et 4, en plongeant l'électrode dans la solution de produit et la lecture se fait directement sur le pH mètre. (En prenant soins que l'électrode soit complètement immergée dans la solution).

4. Détermination de la matière organique

La différence entre la matière sèche et la masse de cendres (matières minérales) correspond à la masse de matière organique. Le taux de matière organique dans un échantillon peut donc être donné par la différence :

$$\%MO = 100 - \%MM$$

V. Préparation de l'extrait pour les sucres reducteurs et les sucres totaux

- 0,1g de la poudre + 10ml d'éthanol 80
- Placer dans le bain marie pendant 20 minutes
- Mettre dans la centrifugeuse de 1000 gravité pendant 10 minutes
- Récupérer le surnageant
- Reprendre l'opération trois fois pour extraire le maximum de sucres



FIGURE 4.6 – Les extraits dans la centrifugeuse

1. Détermination de la teneur en sucres totaux (Dubois et al., 1956)

a. Principe :

Les sucres sont déterminés par le test au phénol. En présence de l'acide sulfurique concentré, les oses sont déshydratés en composés de la famille des dérivés furfurique. Ces produits se

condensent avec le phénol pour donner des complexes jaune-orangé. La teneur en sucre total est déterminée par spectrophotométrie à une longueur d'onde de 490 nm. Une solution hydrologique à 80% a été utilisée pour l'extraction des sucres solubles dans l'échantillon.

b. Mode opératoire :

- 1(0.1) ml d'extrait hydro-alcoolique de poudre (dilué dans de l'ED 1/10 (p/p)).
- On ajoute 1(0.1) ml de 5g/100g de phénol et on mélange.
- Puis on ajoute 5(0.5) ml de l'acide sulfurique.
- Le mélange devient chaud et on fait un refroidissement immédiat dans l'eau glacé.
- On mesure l'absorbance (DO) de la couleur obtenue à 490 nm à l'aide d'un spectrophotomètre. Contre un blanc (1 ml d'eau distillé + 1 ml de phénol (5%) +5 ml H₂SO₄)

La teneur en sucres totaux est déterminée en glucose comme standard

2. Détermination de la teneur en sucre reducteurs

a. Principe :

Les sucres réducteurs ont été dosés par la méthode de Miler(1959). Les sucres reducteurs réagissent avec la DNS (acide di-nitrosalicylique) en le réduisant en acide 3-amino-5-nitrosalicylique, générant une coloration orangée qui est proportionnelle à la teneur en sucres reducteurs. La courbe d'étalonnage (solution de glucose de 0 à 1g /l) est utilisée pour la détermination de la teneur en sucres réducteur. Les résultats ont été exprimé en pourcentage par gramme de poudre de l'échantillon.

b. Mode opératoire :

- 1 ml d'extrait hydro-alcoolique de poudre.
- On ajoute 1 ml de réactif DNS.
- Le mélange est porté à ébullition pendant 5min et refroidi rapidement.
- On rajoute 10ml d'eau distillé.
- Homogénéisation au vortex.
- On mesure l'absorbance (DO) de la couleur obtenue à 490 nm à l'aide d'un spectrophotomètre.
- Pour le blanc on remplace l'extrait par l'eau distillé.

VI. Extraction des lipides (méthode de Folch et al, 1957)

a. Principe :

Le principe de cette méthode est d'extraire à froid les lipides de l'échantillon préalablement broyé par un mélange de solvants chloroforme-méthanol. La phase organique du mélange est récupérée et le solvant est évaporé. La quantité de lipide est alors déterminée par pesée du résidu après dessiccation. De manière générale, les lipides du poivron sont extraits par le mélange chloroforme-méthanol (2V :1V) selon la méthode Folch et al, 1957 (Bouderoua et al, 2006).

b. Mode opératoire :

- Broyer dans un mortier 10g de poivron de chaque échantillon.
- Ajouter 60 ml de réactif de Folch (2V :1V) pendant 2 mn.
- Filtrer le mélange grâce au verre fritté de porosité 1. -Ajouter le chlorure de sodium à 0,73% ; où un volume de chlorure de sodium pour quatre volumes de filtrat.
- Mettre la solution dans une ampoule à décanter pendant deux heures environ jusqu'à saturation c'est-à-dire lors de l'apparition du ménisque.
- Ouvrir le robinet de l'ampoule et récupérer la phase inférieure jusqu'à l'arrivée du ménisque au niveau du robinet dans le ballon dont son poids a été déjà pesé ou identifié auparavant.
- Filtrer la phase inférieure avec le sulfate de sodium pour l'absorption de l'eau.
- Rincer la phase supérieure avec 50 ml de mélange à 20% de chlorure de sodium à 0,58% et 80% de méthanol et chloroforme afin d'extraire le reliquat des lipides restants.
- Filtrer la phase inférieure après 1h -Mettre la solution sous la hotte pour l'évaporation du chloroforme.
- Déterminer le poids net par pesée.
- Expression des résultats :

La teneur des lipides totaux est exprimée comme suit :

$$\text{Pourcentage en matières grasses} = (P2 - P1) / PE \times 100.$$

Dont :

P2 : poids du ballon contenant les lipides.

P1 : poids du ballon vide.

PE : prise d'essai.

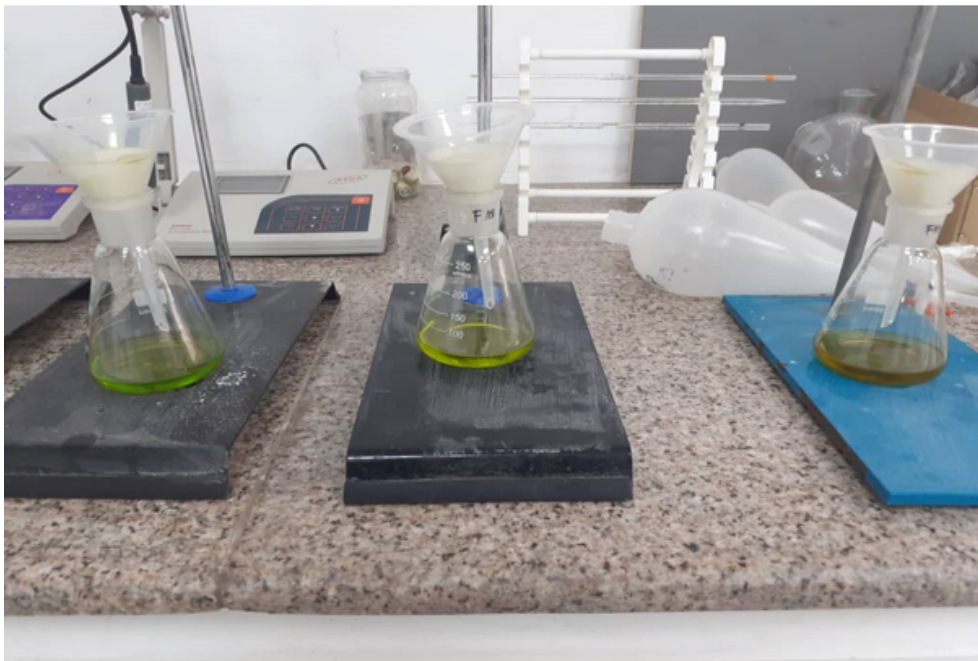


FIGURE 4.7 – Les ballons contenant la solution lipidique

VII. Estimation du degré d'oxydation des lipides Genot (1996)

a. Mode opératoire :

Un échantillon de poivron frit de 2gr est placé dans un mortier contenant 16ml d'acide trichloracétique à 5% (p/v) et éventuellement 100µl de d'acide ascorbique (vitamine C). Après broyage et homogénéisation le broyat est passé à travers un papier filtre afin d'obtenir un filtrat. Puis de ce filtrat 2 ml sont additionnés à 2 ml d'acide thiobarbiturique. Les tubes fermés sont plongés dans un bain-marie à 70°C pendant 30 minutes et placés dans un bain d'eau froide. La dernière étape consiste à lire à l'aide d'un spectromètre l'absorbance du mélange réactionnel à 532nm et les résultats sont exprimés en mg équivalent MDA (malonaldehyde)/kg. La coloration reste stable pendant 1 heure.

b. Expression des résultats :

Les résultats dégagés au cours de ces expériences sont obtenus par la formule suivante : mg équivalent MDA/kg = $(0,72/1,56) * (A_{532} \text{ cor} * V \text{ solvant} * V_f) / PE$ A532 cor : l'absorbance.

V solvant : volume de solution de dilution TAC en ml

PE : prise d'essai en gramme.

0,72 / 1,72 : correspond à la prise en compte de coefficient d'extinction moléculaire du complexe TBA-MDA à la valeur de : 1,56.10⁵ M⁻¹.cm⁻¹ (Buedge et coll., 1978) et au poids moléculaire du MDA d'une valeur de 72g.mol⁻¹. V_f : volume du filtrat prélevé

VIII. Dosage de la vitamine C

L'extraction de la vitamine C se fait par des méthodes bien précises et fines car elle se dégrade facilement au chauffage, en présence de la lumière et à l'oxydation ; la méthode la plus courante est :

1. Extraction par l'acide métaphosphorique

La suspension a été ajustée à 250 ml avec 1% d'acide m-phosphorique et filtrée en utilisant du papier filtre Wattman. On a pris 1,0 ml de ce filtrat et on y a ajouté 1,0 ml de dithiothréitol à 5%, le volume a été complété à 10 ml avec 1% d'acide phosphorique. Les extraits ont été d'abord filtrés sur papier Wattman, puis analysés par dosage spectrophotométrique.

2. Dosage spectrophotométrique par KMnO₄ de l'acide ascorbique pur

- Solution l'acide métaphosphorique (1500 mg d'acide métaphosphorique + H₂O distillée jusqu'à 50 ml.
- Solution d'acide ascorbique (100 mg/L) 10 mg d'acide ascorbique + 10 ml de solution d'acide métaphosphorique + H₂O distillée jusqu'à 100 ml.
- Solution de KMnO₄ (100 mg/L) 25 mg de KMnO₄ + H₂O distillée jusqu'à 250 ml.
- Série d'étalons d'acide ascorbique + KMnO₄.

| | | | | | | |
|--------------------|-----|---|---|---|---|----|
| Solution mère (ml) | 0.5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| [Etalon](mg/L) | 1 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 |

Pour chaque 10 ml étalon, ajouter 10 ml de KMnO₄ (100 mg/L), attendre entre 20 mn. Echantillon de poivron + Acide métaphosphorique (1%) + KMnO₄ 2 g de poivron + 10 ml d'acide métaphosphorique (1%) (froid), attendre 2 mn, puis ajouter encore 10 ml d'acide métaphosphorique (1%) (froid). A ce mélange ajouter 10 ml de KMnO₄ attendre 20 mn. La lecture de la DO des solutions se fait à $\lambda_{max} = 525nm$.

IX. Extraction des polyphénols

Après séchage du poivron dans l'étuve à 40°C pendant une semaine et finement broyé ; 5 g a été soumis à une extraction par macération dans un récipient sombre dans 50 ml de méthanol à 80%, sous agitation pendant 6h à température ambiante et à l'obscurité. Puis une filtration sous vide ; l'extrait brute sera utilisé pour le dosage.

1. Dosage des polyphénols totaux : Miliauskas et al. (2004)

Le dosage des polyphénols totaux a été fait selon la méthode de Folin-Ciocalteu. Ce réactif est constitué d'un mélange d'acide phosphotungstique (H₃PW₁₂O₄₀) et d'acide phosphomolybdique (H₃PMO₁₂O₄₀). Lors de l'oxydation, il est réduit en un mélange d'oxyde bleu. La coloration produite est proportionnelle à la quantité de polyphénols présents dans l'extrait analysé (Boizot et Charpentier, 2006). La teneur des polyphénols contenus dans les extraits de poivron a été déterminée suivant la méthode décrite par Miliauskas et al. (2004). Cette méthode consiste à mélanger un volume de 1 ml d'extrait (0,5 mg/ml) avec 5 ml de Folin-Ciocalteu (2M) dilués 10 fois. Après 5 minutes d'incubation, 4 ml de carbonate de sodium à concentration de 75g/l ont été additionnés. Parallèlement, dans les mêmes conditions, un étalon a été réalisé avec des concentrations croissantes d'acide gallique (standard) allant de 0 à 100 µg/l. Après une heure d'incubation à la température ambiante, l'absorbance a été lue à 765 nm contre un blanc (eau distillée) à l'aide d'un spectrophotomètre UV-Visible (Jenway 6715). Les teneurs en polyphénols totaux ont été exprimées en milligramme équivalent standard (acide gallique) par gramme d'extrait "lyophilisat" (mg EAG/g). Toutes les mesures ont été réalisées en triplicata. La teneur en composés phénoliques des échantillons analysés est calculée par la méthode suivante :

$$\text{TPC} : \text{C.V/m}$$

C : Concentration de l'extrait ;

V : Volume de solvant utilisé pour l'extraction ;

m : Masse en grammes de la prise d'essai

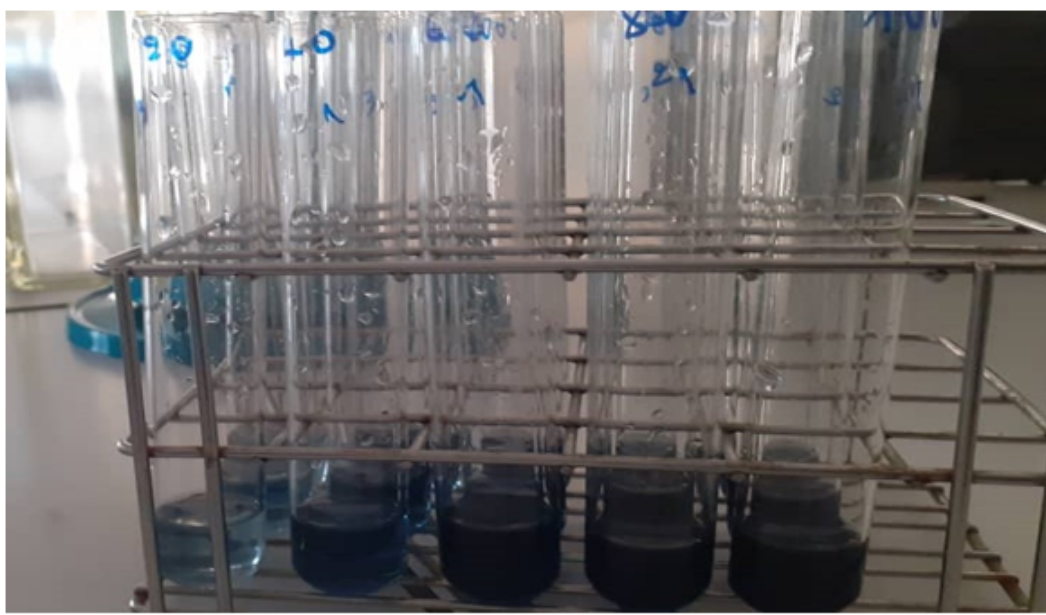


FIGURE 4.8 – Réaction des différentes dilutions avec le folin

2. Mesure de l'activité antioxydante

(BRAND-WILLIAMS ET AL., 1995) L'activité anti-radicalaire des composés phénoliques contenus dans les extraits préparés a été évaluée en mesurant leurs capacités de piéger le radical libre DPPH (2,2'-diphényl-1-picrylhydrazyl). Sa couleur violette foncée se transforme en jaune lors de sa réduction (capté par les produits testés) (Zeghad, 2009). L'effet de chaque extrait sur le DPPH a été mesuré par la procédure décrite par Zuraini et al. (2008). Une prise de 5 ml d'une solution méthanolique de DPPH (0,004%) a été ajoutée à 50 µl d'extrait à une concentration de 2mg/ml (retenue après des essais préliminaires). Après une période d'incubation de 30 minutes à la température de laboratoire, l'absorption a été lue à 517 nm. L'acide ascorbique à des concentrations allant de 0 à 1 mg/ml a servi pour tracer la courbe d'étalonnage. Le pourcentage de piégeage du radical DPPH est calculé selon l'équation suivante :

$$\% \text{Inhibition} = [(A \text{ blanc} - A \text{ échantillon}) / A \text{ blanc}] \times 100$$

Où :

A blanc : Absorbance du blanc (absorbance de la solution en absence de molécules testées).

A échantillon : Absorbance de la solution en présence de molécules testées.

Détermination des IC50

La valeur IC50 ou concentration d'inhibition 50 est la concentration du substrat qui assure la réduction de 50% de l'activité du DPPH déterminée graphiquement (Samarth et al., 2008).

X. Extraction et dosage des pigments photosynthétiques

L'extraction des pigments photorécepteurs des tissus folliculaires a été réalisée par la méthode d'Arnon (1949). 100mg de matière végétale fraîche ont « été coupés en petits morceaux et broyés à sec puis dans 5ml d'acétone à 80% et quelques milligrammes de carbonate de calcium (CaCO₃). Après broyage total, l'extrait a été filtré à l'aide d'un papier filtre de type wattman #1. Le dosage a été fait à l'aide d'un spectrophotomètre (Jenway 6715 UV/Vis spectrophotometer) réglé à des longueurs d'ondes de l'ordre de : $\lambda = 645\text{nm}$, 663nm pour la détermination de la teneur en chlorophylles a et b et $\lambda = 480\text{nm}$ pour les caroténoïdes, après étalonnage de l'appareil avec l'acétone 80%. Les teneurs en chlorophylles (a), (b), (a+b) et caroténoïdes, sont données à partir des formules suivantes et exprimées en (µg/g de MF) :

- $\text{Chla} = 12,7 \cdot DO_{663} - 2,69 \cdot DO_{645}$
- $\text{Chlb} = 22,9 \cdot DO_{663} + 20,20 \cdot DO_{645}$
- $\text{Cart} = [(100 \cdot DO_{480} - (3,27 \cdot (\text{Chla}) - 104 \cdot (\text{Chlb})))] / 229$.

XI. Analyses physico-chimiques du sol

Avant de procéder à l'analyse, les échantillons doivent subir impérativement un traitement préalable. Ce prétraitement consiste à laisser sécher les échantillons à l'air libre pendant une nuit. Puis Broyage des échantillons Les échantillons sont ensuite tamisés par un tamis dont la maille est de 2 mm afin d'obtenir une terre fine d'une part et de se débarrasser de toute matière grossière d'autre part.

1. Humidité résiduelle du sol

L'humidité du sol est déterminée par une différence des pesées avant et après séchage d'un échantillon du sol dans une étuve à 105 °C pendant 24h. Le résultat de l'humidité obtenu est exprimé en pourcentage. L'humidité résiduelle H est exprimée en pourcentage massique et elle est calculée par la relation suivante :

$$H (\%) = 100 * (m1 - mO / mO)$$

mO : étant la masse initiale d'échantillon et m1 sa masse finale, après séchage à 105 °C et refroidissement.

2. Détermination du pH, norme AFNOR NF X31-103 (1992)

10 g de sol sont mis en suspension dans 50 ml d'eau distillée, agités pendant 1 heure sur une plaque d'agitation. Puis laisser au repos pendant 2 heures. Le pH est ensuite mesuré à l'aide d'un pH-mètre de type **RADIOMETER M220**.

3. Détermination de la conductivité, norme AFNOR NF X31-103 (1992)

10 g de sol sont mis en suspension dans 50 ml d'eau distillée, agités pendant 45 minutes sur une plaque d'agitation. Puis laisser au repos pendant 1 heure. La conductivité est mesurée à l'aide d'un conductimètre.

4. Détermination de la matière organique (MO), norme NF ISO 10694

Principe : La teneur en matière organique a été déterminée par la norme décrite ci-dessus, 5g des sols ont été misent à l'étuve à 105°C pendant 24hen fin d'avoir la matière sèche puis calcinés à une température de 500°C dans un four pendant 3h. La teneur en matière organique représente la différence entre les deux masses (avant – après calcination) (la teneur ensuite a été rapportée à 100g de l'échantillon initial).

$$\%MO = M.S\% - M.M\%$$

M.S : matière sèche

M1 : matière minérale

5. Granulométrie par tamisage, norme AFNOR NF X31-101

L'essai consiste à classer les différents grains constituant l'échantillon en utilisant une série de tamis en boîtes les uns sur les autres, dont les dimensions des ouvertures. Ils sont décroissants du haut vers le bas. Le tamis supérieur est fermé par une couvercle évitant ainsi toute perte de sédiment durant l'opération de tamisage. L'échantillon étudié est placé dans la partie supérieure tamis et les classements des grains s'obtiennent par tamisage de la colonne.

Une portion d'échantillon est séchée et séparée par vibration sur une série de tamis superposés. Par la suite, le contenu de chaque tamis est pesé et la fraction d'échantillon recueillie par tamis est rapportée sur la quantité d'échantillon totale. Les résultats sont exprimés en % pour chaque fraction obtenue, selon l'équation suivante :

$$C = 100 \times (A - B) / D$$

D'où :

C : fraction de l'échantillon sur un tamis (**A** : poids du tamis avec fraction (g) ;

B : poids du tamis vide (g) ;

D : poids d'échantillon total utilisé (g)



FIGURE 4.9 – Tamis de différents diamètres

XII. Test hédonique sur le poivron

Un test de dégustation composé de 15 panelistes a été effectué au niveau de l'école supérieur d'agronomie au cours du quel deux modes de consommation- dégustation de du poivron on été proposés à savoir : le cru et le poivron a la vapeur.

Troisième partie

Résultats et discussion

Résultat et Discussion

Analyses statistiques

Les données obtenues ont été analysées à l'aide du logiciel statistique « Statbox version 2006 ». Les résultats ont subi un test d'analyse de la variance (ANOVA) mono-factorielle en randomisation et une comparaison des moyennes deux à deux selon le test de Newman et Kenls.

Les données sont présentées sous forme de moyenne + écart types. Tous les échantillons ont été analysés en triple.

$P > 0,05$ différence non significative

$P < 0,05$ différence moyennement significative

$P < 0,05$ différence hautement significative

Résultats et discussion

I. Caractérisation des régions

Les variations de la teneur en certains éléments physico-chimique selon les régions et même pays fait référence aussi à la nature du sol, de sa composition ainsi que la répartition de certains éléments. Elles peuvent influencer sur la qualité de conservation du produit, sa composition en minéraux, et même en composé bioactifs

| | Types d'analyse | Régions | | Effets régions |
|-----|-----------------|--------------|--------------|----------------|
| | | Achacha | Sirat | |
| Sol | PH | 18,18 ± 0,07 | 21,22 ± 0,14 | P > 0,05 |
| | Conductivité | 1,4 ± 0,025 | 2,19 ± 0,04 | P > 0,05 |
| | Humidité | 2,15 ± 0,06 | 2,43 ± 0,06 | P > 0,05 |
| | M.O | 2,65 ± 0,3 | 11,22 ± 0,12 | P > 0,05 |

TABLE 5.1 – résultat de l'étude de sols des deux régions.

Ces résultats montrent que les sols des deux régions étudiées ont une même humidité, des pH qui sont plus élevés par rapport à la bibliographie ; mais la matière organique du sol de Sirat dépasse de loin celle de Sirat (plus de 05 fois) sachant que la matière organique est un point essentiel pour la culture, par ailleurs la conductivité du sol n'est pas réellement décisive dans la culture des solanacées malgré qu'on remarque une salinité plus élevée dans la région de Sirat.

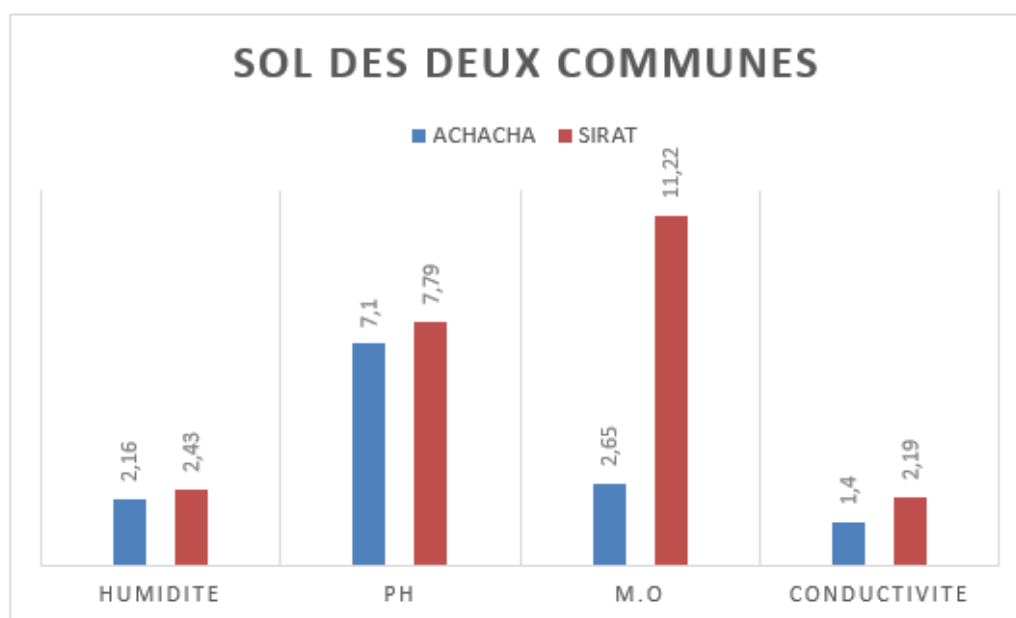


FIGURE 5.1 – résultats de l'étude des sols

| Sable | Limon | Argile |
|----------------|-------|--------|
| 98,167 | 0,478 | 0,927 |
| Le sol sableux | | |

TABLE 5.2 – résultat sol de Sirat

| | | |
|----------------|-------|--------|
| Sable | Limon | Argile |
| 98,06 | 0,329 | 0,13 |
| Le sol sableux | | |

TABLE 5.3 – résultat sol de Achacha

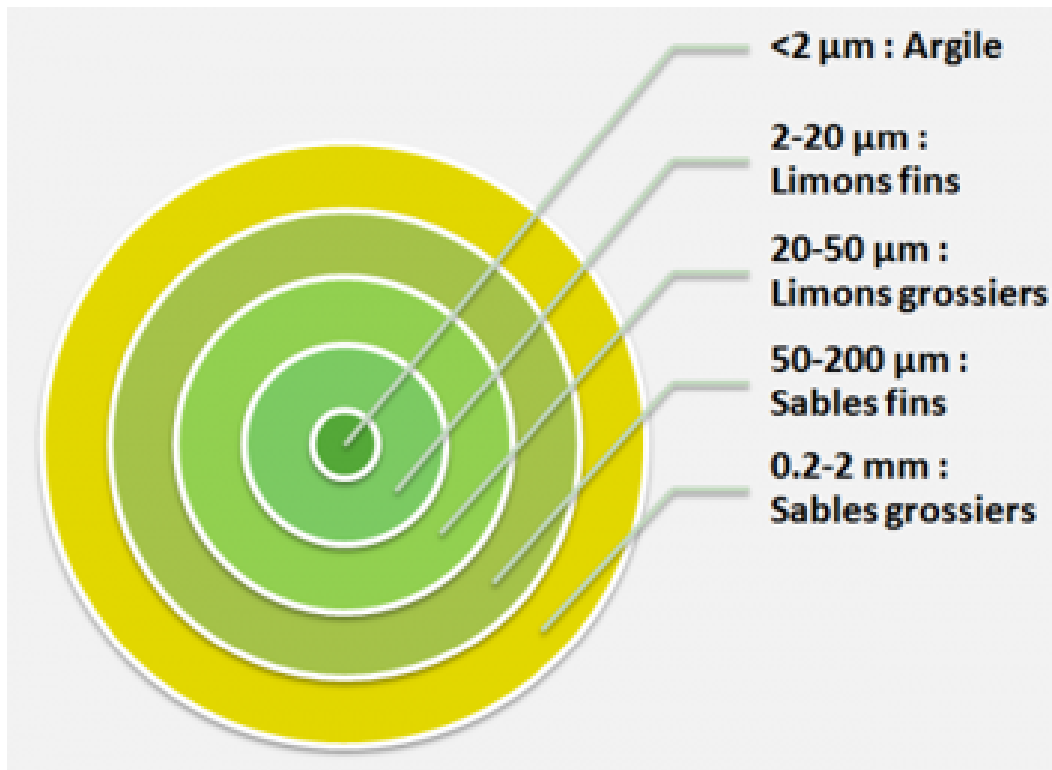


FIGURE 5.2 – classification granulométrique du sol

Le sol idéal pour le poivron est silico-argileux mais à travers nos résultats on remarque que le sol de nos deux communes sont sableux.

II. Caractéristiques biophysiques

| Jours | Paramètre | Longueur | Diamètre | Poids | Poids de la graine |
|-------|-----------|----------|----------|---------|--------------------|
| | 1 | | 14,5 cm | 6,3 cm | 122,4g |
| 5 | | 14,5 cm | 6,2 cm | 120,72g | |
| 10 | | 14,1 cm | 6 cm | 118,25g | |

TABLE 5.4 – Poivron suivie pendant 10 jours

Ces résultats montrent qu'il n'y a pas d'effet significatif du temps sur la longueur et le diamètre du poivron mais par contre on remarque une perte de poids (environ 2g) chaque 5 jours et la graine

représente 4,2g du poids total du poivron.

A travers les différents paramètres étudiés on remarque que le poivron poursuit sa maturité dans le réfrigérateur. Plusieurs études ont signalé précédemment que le poids des poivrons diminuait au cours de la maturité. Cette perte de poids est liée à la résistance de la cuticule du fruit (Diaz-Perez, Muy-Rangel et Mascorro, 2007).

Le processus de maturation n'a pas affecté la longueur et le diamètre du fruit.

III. Paramètres physico-chimiques des poivrons mis au froid positif et négatif

La connaissance du pH, l'humidité, la matière sèche, la matière minérale, la matière organique ainsi que les lipides nous permet d'apprécier la qualité du produit (poivron) étudié.

0.1. Le potentiel d'hydrogène pH

Le pH est utilisé en agroalimentaire comme variable opératoire, caractérisant le produit ou même pour des contrôles de qualité des produits (degré de maturité, la nature du produit ou même son état). De nombreuses études se sont attelées à corrélérer sa valeur à des lois cinétiques de réactions, des qualités organoleptiques ou encore des activités enzymatiques (Boukhiar, 2009).

| | Période(Jours) | Régions de culture | | Effet Régions |
|----|------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------|
| | | Achacha | Sirat | |
| PH | 1 ^{er} jour | 5,87 ^b ± 0,02 | 6,2 ^a ± 0,03 | P > 0,05 |
| | 5 ^{me} jours | 5,95 ^b ± 0,02 | 6,3 ^a ± 0,02 | P > 0,05 |
| | 10 ^{me} jours | 6,09 ^b ± 0,04 | 6,34 ^a ± 0,03 | P > 0,05 |

TABLE 5.5 – Variation du pH au cours de la réfrigération

| | Période(Jours) | Régions de culture | | Effet Régions |
|----|------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------|
| | | Achacha | Sirat | |
| PH | 1 ^{er} jour | 5,87 ^b ± 0,02 | 6,2 ^a ± 0,03 | P > 0,05 |
| | 7 ^{me} jours | 5,95 ^b ± 0,02 | 6,3 ^a ± 0,02 | P > 0,05 |
| | 14 ^{me} jours | 6,09 ^b ± 0,04 | 6,34 ^a ± 0,03 | P > 0,05 |
| | 21 ^{me} jours | 6,09 ^b ± 0,04 | 6,34 ^a ± 0,03 | P > 0,05 |
| | 28 ^{me} jours | 6,09 ^b ± 0,04 | 6,34 ^a ± 0,03 | P > 0,05 |

TABLE 5.6 – Variation du pH au cours de la congélation

Ces résultats relèvent que l'effet région a une légère variation sur le pH du poivron, d'autre part la réfrigération (pour les poivrons frais) et la congélation pour les poivrons cuits ont montré une légère variation. Par ailleurs, on remarque que le poivron de Achacha a un pH plus approximatif à la valeur théorique (Francis, 2017) (de 5,2 à 5,93) par rapport à celle de Sirat.

Cette différence de pH entre les deux régions s'explique par l'état de murissement du poivron lors de l'échantillonnage car le pH baisse au fur et à mesure que le poivron mûrit. Le changement observé sur le pH pourrait être dus à des variations des concentrations d'acide citrique, malique puisque ces acides sont connus pour diminuer pendant la maturation.

Atoniali et coll. (2007) ont également signalé qu'il n'y avait pas de différences significatives dans les valeurs de pH du poivron pendant la maturation. Cependant, Medelicott et al., (1986) avaient précédemment confirmé qu'il y avait une tendance à augmenter les valeurs de pH et à réduire l'acidité avec le temps de stockage prolongé, puisque le fruit précédant le processus de maturation va diminuer son acide malique prédominant.

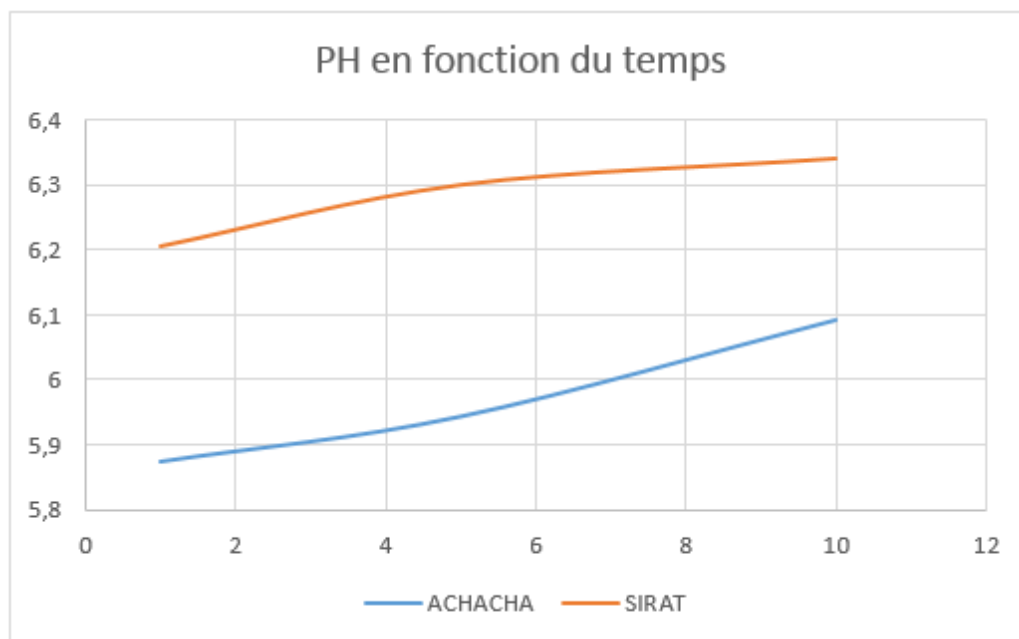


FIGURE 5.3 – Variation du pH au cours de la réfrigération

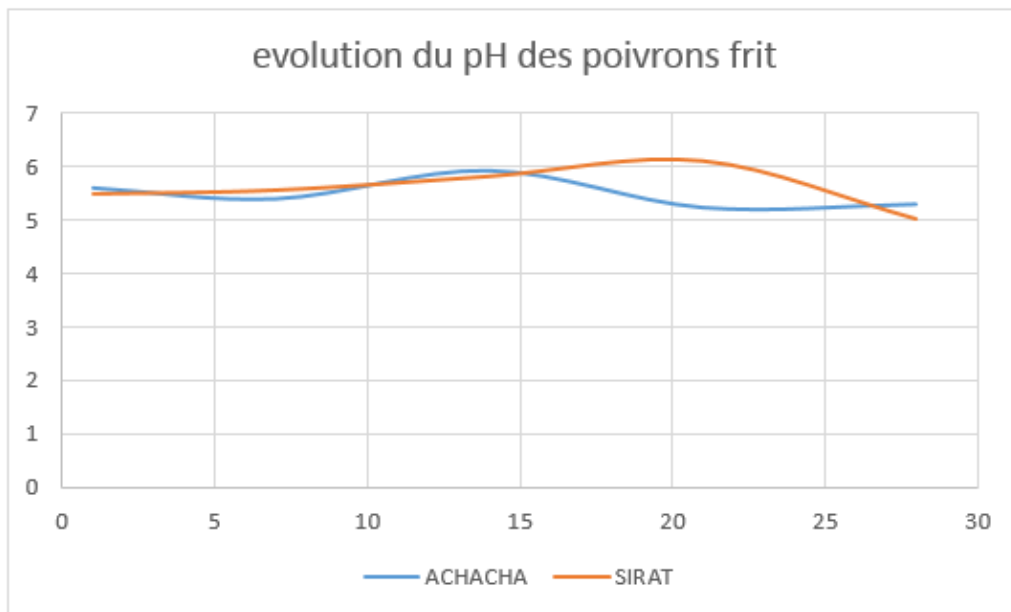


FIGURE 5.4 – Variation du pH au cours de la congélation

1. Teneur en eau et matière sèche

L'humidité détermine l'appétence et certains caractères organoleptiques de celle-ci, la mesure de la teneur en eau répond aux quatre nécessités suivantes :

- Nécessité technologique : pour déterminer les conditions optimales de récoltes, de séchage, de stockage ou de transformation.
- Nécessité analytique : pour rapporter des résultats à une base fixe.
- Nécessité commerciale : les contrats d'achat et vente stipulent la limite supérieure de la teneur en eau à ne pas dépasser.
- Nécessité règlementaire : la loi fixe la teneur en eau pour certains aliments.

La perte d'eau est un facteur physiologique primaire qui a un impact sur la qualité des fruits du poivron pendant l'expédition, le stockage et la commercialisation (Dumville & Fry 2000).

Les résultats de l'humidité du poivron sont illustrés dans le tableau ci-dessous :

| Humidité(%) | Période(Jours) | Région | | M.S(%) | Région | | Effet régions |
|-------------|----------------------|------------------------|---------------------------|--------|------------------------|-------------------------|---------------|
| | | Achacha | Sirat | | Achacha | Sirat | |
| | 1 ^{er} jr | 93,97±0,06 | 93,73±0,21 | | 6,03±0,06 | 6,26±0,2 | P > 0,05 |
| | 5 ^{me} jrs | 94,4 ^a ±0,2 | 94 ^b ±0,1 | | 5,6 ^b ±0,2 | 6,00 ^a ±0,1 | P < 0,05 |
| | 10 ^{me} jrs | 95 ^a ±0,1 | 94 ,03 ^b ±0,06 | | 5,00 ^b ±0,1 | 6,00 ^a ±0,06 | P < 0,05 |

TABLE 5.7 – Variation de l'humidité et la matière sèche des deux régions au cours de la réfrigération

| Humidité(%) | Période(Jours) | Région | | M.S(%) | Région | | Effet régions |
|-------------|----------------------|------------------------|------------------------|--------|-----------|------------|---------------|
| | | Achacha | Sirat | | Achacha | Sirat | |
| | 1 ^{er} jr | 65,76±0,4 | 75,7±0,36 | | 34,23±0,4 | 24,03±1,00 | P > 0,05 |
| | 7 ^{me} jrs | 62,83±0,21 | 67,77±0,55 | | 37,16±0,2 | 32,23±0,21 | P > 0,05 |
| | 14 ^{me} jrs | 59,37±1,29 | 59,93±0,95 | | 40,63±1,3 | 40,07±0,5 | P > 0,05 |
| | 21 ^{me} jrs | 57,53±0,6 | 55,13±0,5 | | 42,47±0,6 | 44,87±1,04 | P > 0,05 |
| | 28 ^{me} jrs | 56,1 ^a ±0,3 | 53,9 ^b ±0,1 | | 43,9±0,3 | 46,01±1,3 | P < 0,05 |

TABLE 5.8 – Variation de l'humidité et la matière sèche au cours de la congélation

Le poivron est un fruit hautement riche en eau et cela se remarque dans les deux régions qui ont des valeurs approximatives entre eux mais aussi à la valeur théorique en eau du poivron. La teneur en eau des échantillons frais est beaucoup plus élevée par rapport aux échantillons frits. Cela est dû au fait que d'une grande partie de l'humidité est perdue lors de la friture. Dans le cas des poivrons frais on remarque qu'en même une légère augmentation au fur et à mesure que le temps passe ceci est dû au phénomène de l'osmose entre l'humidité du réfrigérateur (hypotonique) et l'humidité du poivron. En ce qui concerne les poivrons frit on remarque plutôt un abaissement de la valeur car l'humidité du congélateur est très élevée donc hypertonique par rapport à celle du poivron. Les poivrons des deux régions ont la même réaction par rapport aux différents traitements. La teneur en matière sèche est inversement proportionnelle à la teneur en eau c'est-à-dire plus l'un est élevé plus l'autre diminue.

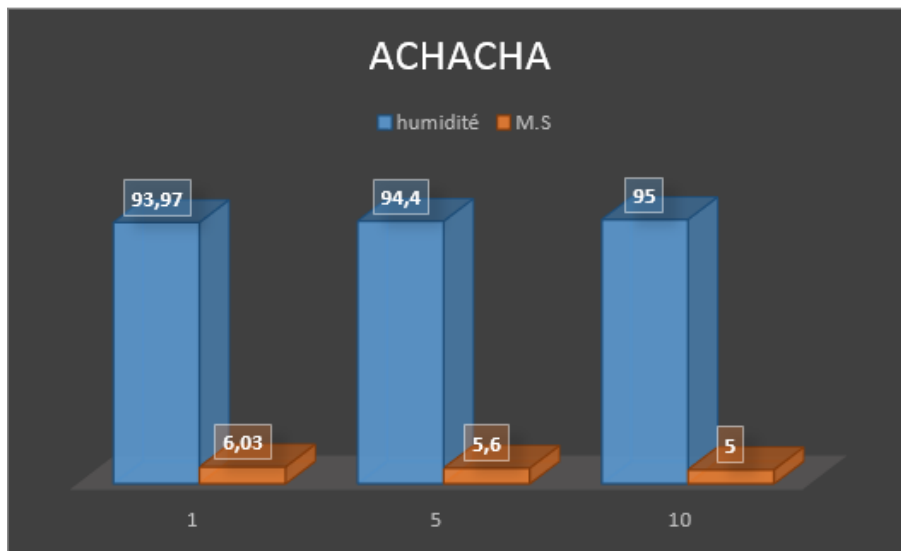


FIGURE 5.5 – humidité et M.S du poivron réfrigéré de Achacha

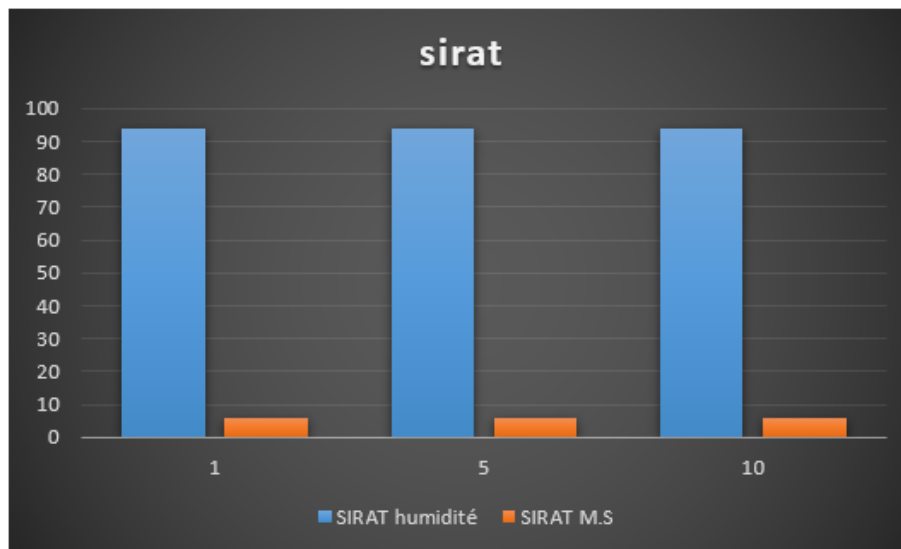


FIGURE 5.6 – humidité et matière sèche du poivron réfrigéré de Sirat

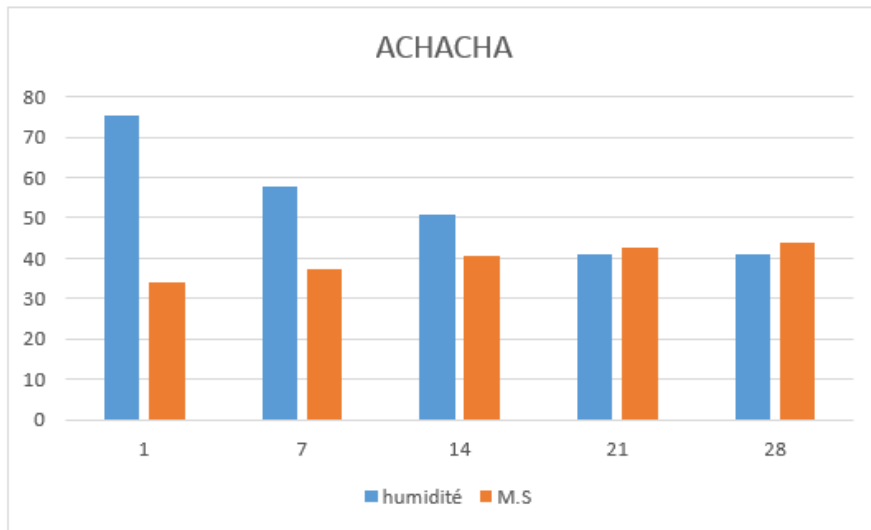


FIGURE 5.7 – humidité et matière sèche du poivron congelé de Achacha

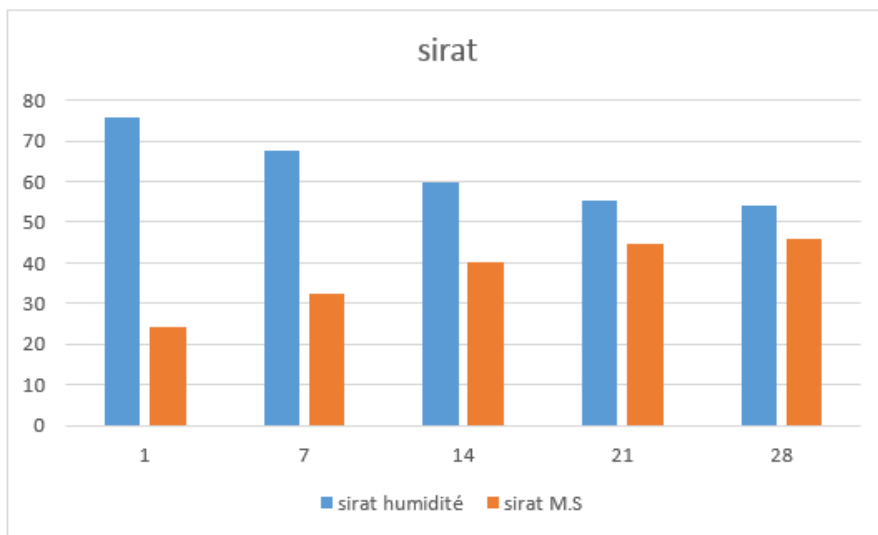


FIGURE 5.8 – humidité et matière sèche du poivron congelé de Sirat

2. Teneur en matière minérale et matière organique

Elle représente la quantité totale en sels minéraux présents dans un échantillon. Sur le plan nutritionnel il n'ya pas d'intérêt à connaître la teneur en cendre totale sauf pour fournir une estimation approximative de la matière inorganique totale et de vérifier si la matière a été bien détruite. La teneur en cendre est cependant essentielle pour déterminer les glucides totaux par différence.

Résultat de la matière organique et minérale du poivron

| Humidité(%) | Période(Jours) | Région | |
|-------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|
| | | Achacha | Sirat |
| | 1 ^{er} jr | 2,47 ^a ±0,06 | 1,2 ^b ±0,2 |
| | 7 ^{me} jrs | 2,5 ^a ±00 | 2 ^b ±0,1 |
| | 14 ^{me} jrs | 2,5±0,1 | 2,6±0,4 |
| | 21 ^{me} jrs | 2,53 ^a ±0,06 | 1,53 ^b ±0,06 |
| | 28 ^{me} jrs | 2,53 ^a ±0,06 | 1,5 ^b ±00 |

TABLE 5.9 – Variation de la matière minérale et la matière organique au cours de la congélation

Au cours de la réfrigération la matière minérale et organique a gardé une valeur constante et égale pour les deux régions soit 1,4±0.05% pour la M.M et 98.5±0,9% pour la M.O. Ces valeurs sont en accord avec les travaux de Famurewa et al (2006)., et Durucasu et tokusoglu (2007) qui ont également montré que la teneur en cendres des poivrons frais était 1,35g/100g.

La teneur en cendres et en matière organique a doublé avec les échantillons frit cela s'explique par une déshydratation lors de la friture. Par ailleurs il existe une différence moyennement significative $p < 0.05$ entre les deux sites de culture. Les poivrons de La région de Achacha contient plus de composé organique que celle de Sirat. Les variations en fonction du temps n'ont pas donné de signification importante.

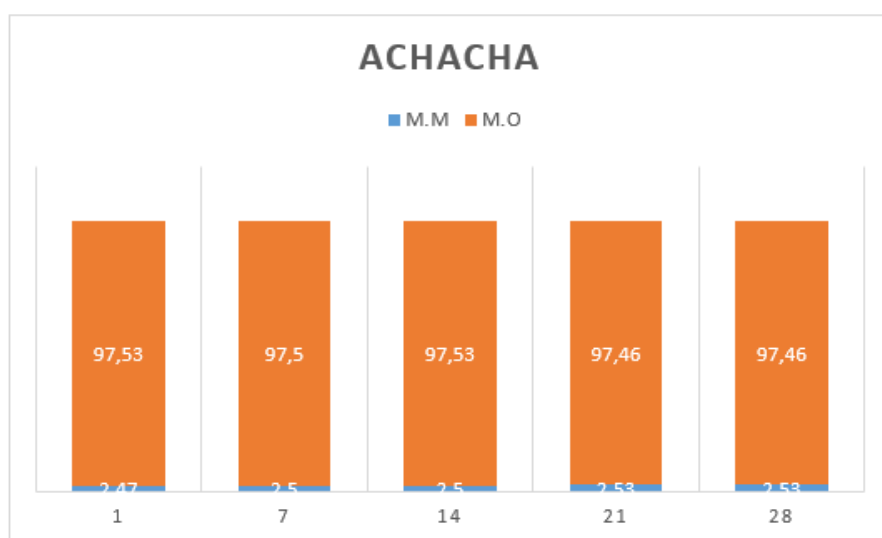


FIGURE 5.9 – M.M et M.M du poivron congelé de Achacha

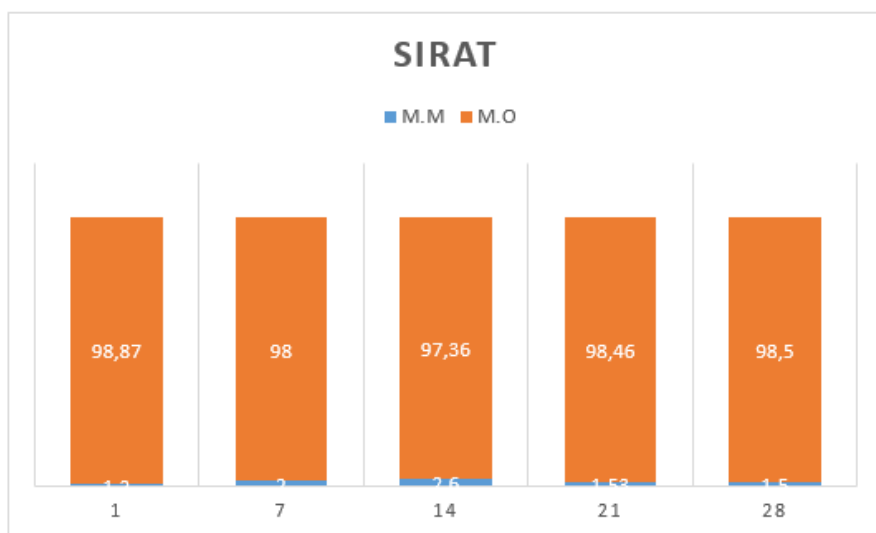


FIGURE 5.10 – M.M et M.O du poivron congelé de Sirat

3. Teneur en Lipide et peroxydation lipidique

Les résultats des lipides et peroxydation lipidique sont illustrés dans les tableaux ci-dessous

Les principaux facteurs impliqués dans l'oxydation des lipides au cours des procédés de transformations et de conservation des aliments et de leurs produits transformés sont : la température, le PH, l'activité de l'eau et la pression partielle en oxygène. L'oxydation des lipides conduit à la formation des produits primaires : hydro peroxydes, radicaux libres, diènes conjugués, très instables et rapidement décomposés en produits secondaires : aldéhydes, alcools, cétones. Ainsi lors du développement des réactions d'oxydation vont successivement apparaître les produits primaires et secondaires de l'oxydation.

| | Période(Jours) | Régions de culture | | Effet Régions |
|------------|------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------|
| | | Achacha | Sirat | |
| Lipides(%) | 1 ^{er} jour | 0,61 ^a ±0,04 | 0,27 ^b ±0,03 | P < 0,05 |
| | 5 ^{me} jours | 0,47 ^a ± 0,06 | 0,18 ^b ±0,03 | P < 0,05 |
| | 10 ^{me} jours | 0,42 ^a ±0,05 | 0,11 ^b ±0,03 | P < 0,05 |

TABLE 5.10 – variation des lipides au cours de la réfrigération

| | Période(Jours) | Régions de culture | | Effet Régions |
|------------|------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------|
| | | Achacha | Sirat | |
| Lipides(%) | 1 ^{er} jour | 11,18± 0,83 | 8,11±2,28 | P > 0,05 |
| | 7 ^{me} jours | 20,87 ± 2,7 | 23,84 ± 2,36 | P > 0,05 |
| | 14 ^{me} jours | 16,21 ^b ± 0,24 | 20,88 ^a ± 1,18 | P < 0,05 |
| | 21 ^{me} jours | 15,3 ^b ± 0,7 | 18,54 ^a ± 1,18 | P < 0,05 |
| | 28 ^{me} jours | 12,8 ± 0,56 | 17,07 ± 0,2 | P > 0,05 |
| | MDA | 5,3 ± 0,53 | 4,8 ± 0,63 | P > 0,05 |

TABLE 5.11 – variation des lipides au cours de la congélation

Pour les poivrons frais le taux lipidique est respectivement 0.61 ± 0.04 g/100g pour Achacha et 0.27 ± 0.03 g/100g pour Sirat, ces résultats sont en accord avec la bibliographie et proche de la valeur trouvée par AH El-Ghorab et al., (2010) qui est de $0,33 \pm 0,08$ g/100g. L'augmentation du taux de lipides dans les échantillons frit est dû à l'huile de friture vu que le poivron a absorbé l'huile de friture. La diminution du taux lipidique dans les deux échantillons (frais et frit) au cours du temps de conservation est dû à l'oxydation des lipides.

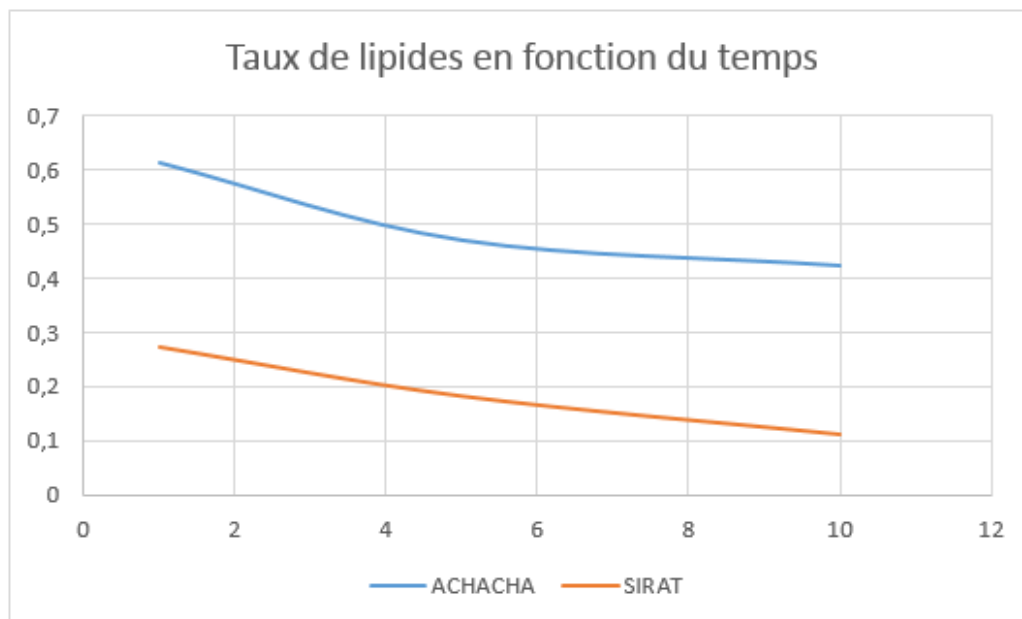


FIGURE 5.11 – évolution des lipides des poivrons réfrigérés

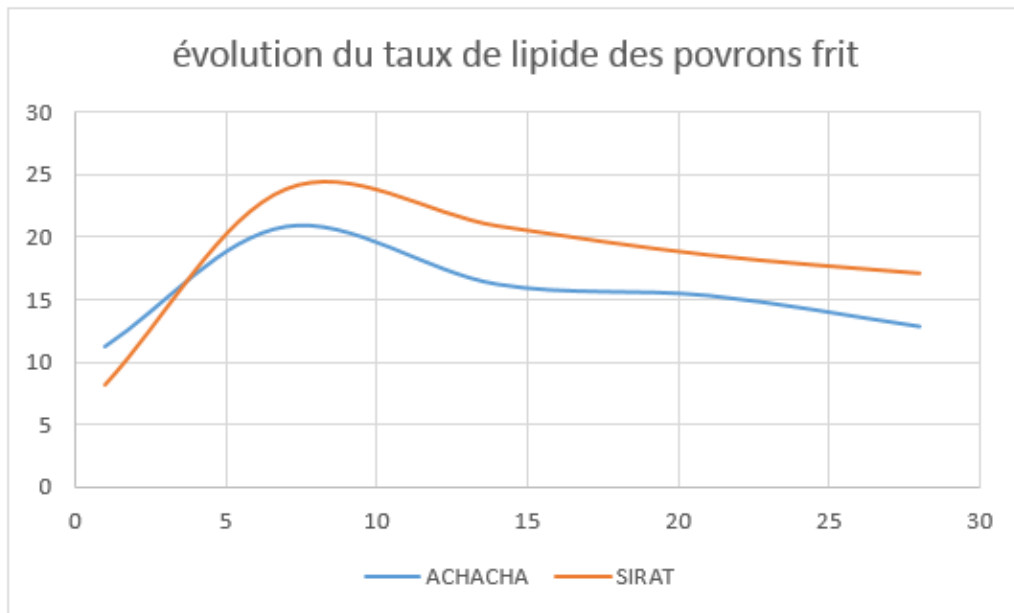


FIGURE 5.12 – évolution des lipides des poivrons congelés

La peroxydation lipidique affecte particulièrement les acides gras, les acides gras saturés ne sont pas affectés par la peroxydation lipides, ils sont difficilement éliminés par le corps. Ils peuvent causer une augmentation du taux de mauvais cholestérol, ainsi que de nombreuses affections cardiovasculaires s'ils sont consommés en trop grande quantité.

La faible valeur de nos résultats en MDA pour les deux communes est dû à leur richesse en composés antioxydant comme les polyphénols et la vitamine C. Les antioxydants peuvent avoir deux modes d'actions différents :

- Ils peuvent empêcher la formation d'espèces réactives de l'oxygène (les fameux ROS) pour éviter tout bonnement la peroxydation lipidique,
- Agir en piégeant les radicaux produits lors de la peroxydation lipidique, et donc en mettant fin à la réaction en chaîne.

Les pigments du poivron

Les résultats de la répartition des différents pigments du poivron sont consignés dans le tableau suivant :

| Pigment($\mu\text{g/g}$ MF) | Types de pigments | Régions | | Effet Régions |
|------------------------------|-------------------|-----------------|------------------|---------------|
| | | Achacha | Sirat | |
| | Chl.a | 14,1 \pm 0,05 | 28,2 \pm 0,12 | P < 0,05 |
| | Chl.b | 7,47 \pm 0,05 | 8,08 \pm 0,04 | P < 0,05 |
| | Chl.a + Chl.b | 21,55 \pm 0,2 | 36,20 \pm 0,12 | P < 0,05 |
| | Cart | 1,5 \pm 0,06 | 0,9 \pm 0,08 | P < 0,05 |

TABLE 5.12 – reptation des pigments du poivron des deux régions

La teneur en chlorophylle totaux des poivrons provenant de Sirat est beaucoup plus importante par rapport à celle de Achacha surtout la chlorophylle a qui a carrément une valeur double.

Par ailleurs, les échantillons étant cueillis au stade vert mature le pigment dominant pour ces poivrons restent les chlorophylles. La valeur du caroténoïde du poivron devient signifiante au fur et à mesure qu'ils mûrissent c'est-à-dire tendre vers la couleur rouge. M.J. Oruna-concha et al., (1996) ont trouvé des valeurs supérieures aux poivrons des deux régions soit 5.92 mg/100g pour la chlorophylle a et 2.66mg/100g; cette différence peut être due à la méthode utilisée, au degré de maturité de l'échantillon et même aux pays de provenance car la variation est visible même entre les deux régions.

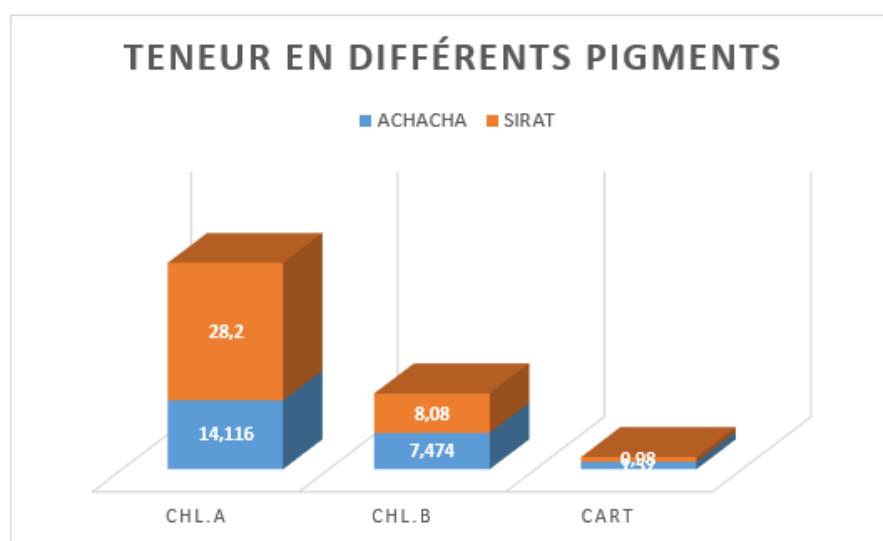


FIGURE 5.13 – reptation des pigments du poivron des deux régions

IV. Vitamine C

La vitamine c est de loin la vitamine la plus abondante contenue dans le capsicum annum L. Le taux de vitamine C augmente dans le poivron au fur et à mesure qu'il mûrit. Plusieurs auteurs, comme Linus Pauling (1970), recommandent une consommation de vitamine C journalière de plusieurs grammes (3 à 18g). Il joue un rôle clé dans la défense contre le stress oxydatif, sa capacité

antioxydante associée à d'autres composés bioactifs comme les caroténoïdes et les capsaïcinoïdes font du poivron un fruit apprécié sur le plan nutritionnel.

Résultats de la teneur en vitamine C

| | Période(Jours) | Régions | | Effet Commune |
|--------------------|--------------------------|--------------|--------------------------|---------------|
| | | Achacha | Sirat | |
| Vitamine C(g/100g) | 1 ^{er} jour | 52,97 ± 3,35 | 60,43 ^a ±0,86 | P < 0,01 |
| | 5 ^{me} jours | 72,63 ± 2,41 | 68,5 ± 2,7 | P < 0,05 |
| | 10 ^{me} jours | 73,56 ± 3,63 | 88,96 ^a 2, 51 | P < 0,01 |
| | Poivron cuit à la vapeur | 29,77 ± 1,36 | 30,9 ± 1,15 | P > 0,05 |

TABLE 5.13 – variation de la vitamine C au cours du temps

A travers ces résultats on remarque à priori l'effet géographique, la vitamine C du poivron de Sirat dépasse de loin celle de Achacha et ceci malgré l'augmentation de la teneur en vitamine C des deux régions au cours de la réfrigération. Ces valeurs sont supérieures à celle de la bibliographie.

L'augmentation de la teneur en vitamine C au cours de la réfrigération pourrait être due au processus de maturation du fruit car on a remarqué une augmentation de pH au cours de celle-ci. Par ailleurs la teneur en vitamine C dépend principalement du métabolisme des plantes, de l'apport en micronutriments, de la teneur en eau et la qualité du sol, ainsi que les conditions et du temps de stockage. De plus la teneur en vitamine C dépend des conditions climatiques et est fortement influencée par la variété elle-même. Il ya destruction d'environ 50H% de vitamine C de la valeur initiale des poivrons pendant sa mise en vapeur. La teneur en vitamine C dépend du degré de maturité, de la taille des fruits et de leur condition immédiatement après la récolte (Ilic et al., 2012).

Ces résultats sont compatibles avec ceux de L_R Howard et al., (1994) qui ont trouvé que la concentration de l'acide ascorbique variait de 76.1 à 243.1 (mg/100g) et aussi que le traitement thermique a provoqué une diminution d'environ 75% de l'acide ascorbique total. L'acide ascorbique disparaît significativement après cuisson en raison de leur thermolabilité et de leur solubilité dans l'eau. Ainsi la meilleure façon de profiter de la vitamine C du poivron serait la consommation à l'Etat cru.

La perte la plus élevée d'acide ascorbique (64,71%) a été observée chez les poivrons après 30 min. La perte d'acide ascorbique dans les poivrons cuits est dû à l'oxydation thermique de l'acide ascorbique en acide déhydroascorbique, suivie d'une hydrolyse en acide 2, 3 dicétogluconique et d'une conversion en d'autres composés polymères. Yadav et Shegal ont signalé que la cuisson à haute température pendant une longue période entraîne l'oxydation atmosphérique des constituants alimentaires.

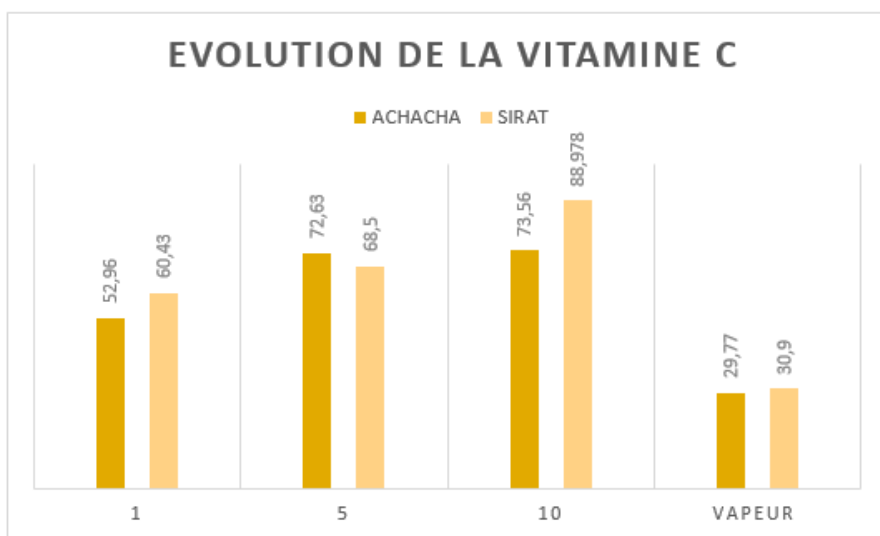


FIGURE 5.14 – vitamine C des poivrons réfrigérés

Résultats des analyses effectués avec les poivrons séchés

| Types d'analyse | Régions | | Effets régions |
|-------------------------------|--------------|--------------|----------------|
| | Achacha | Sirat | |
| Polyphénol(mgGAE/g DW) | 18,18 ± 1,22 | 21,22 ± 4,5 | P < 0,05 |
| Activité anti-oxydant (mg/ml) | 67,63 ± 0,32 | 9,954 ± 0,27 | P < 0,01 |
| Sucres totaux(g/100g) | 9,73 ± 0,3 | 20,56 ± 1,2 | P < 0,01 |
| Sucres réducteurs(g/100g) | 0,43 ± 0,08 | 3,99 ± 0,34 | P < 0,05 |

TABLE 5.14 – résultats des composés bioactifs et les sucres

1. Polyphénols totaux :

La teneur en polyphénols totaux des extraits obtenus à partir des poivrons provenant de Achacha et Sirat, a été estimée par le dosage spectrophotométriques, en utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu.

Le dosage des polyphénols totaux nous donne une estimation globale de la teneur en différentes classes de composés phénoliques contenus au niveau de l'extrait hydrologique de la poudre de poivron.

L'analyse quantitative des polyphénols totaux est déterminée à partir de l'équation de la régression linéaire suivante $y=0.0141x$ avec un coefficient de corrélation ($R=99.01\%$) de courbe d'étalonnage exprimé en mg équivalent acide gallique par gramme d'extrait sec ((mgGAE/g DW) (figure.)

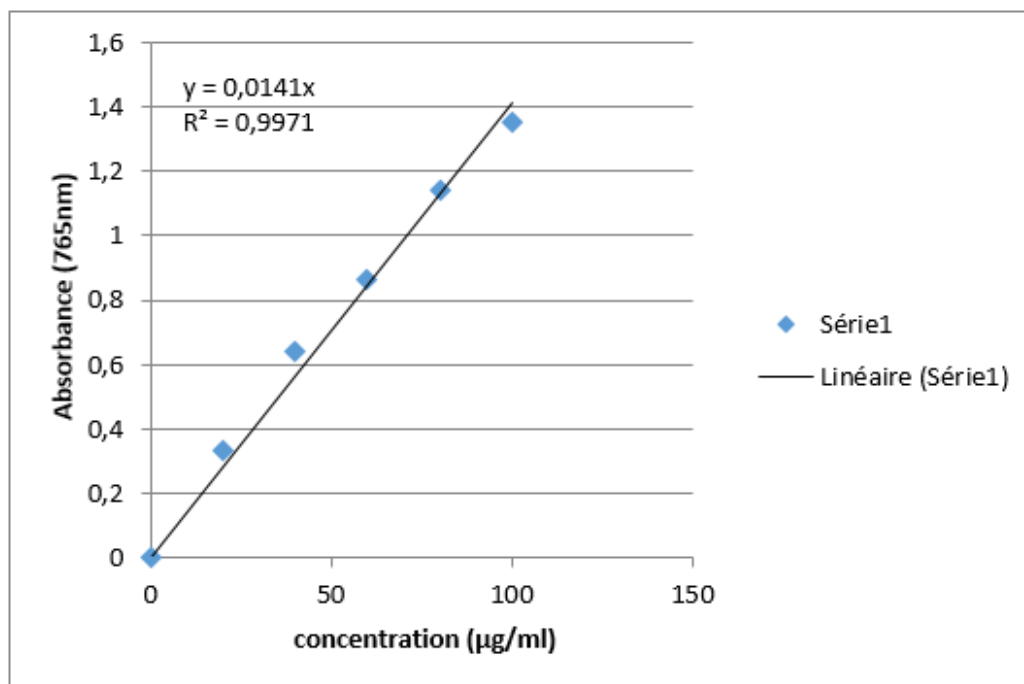


FIGURE 5.15 – courbe d'étalonnage d'acide gallique

Les résultats du dosage des polyphénols totaux nous montrent la richesse des poivrons en composés phénoliques totaux des deux types de poivron malgré une légère différence qui favorise plus la région de Sirat avec une valeur de $21,22 \pm 4,5$ g EGA/g contre $18,18 \pm 1,22$ g EGA/g pour Achacha.

La valeur du poivron de Sirat se rapproche de celle de AH El-Ghorab et al., (2010) qui ont trouvé $27,37 \pm 0,63$ mg/g d'extrait sec et supérieur par rapport au poivron de Achacha. Plusieurs facteurs peuvent expliquer ces différences, des études ont montré que les facteurs extrinsèques tel que des facteurs géographiques, climatique, et les facteurs génétiques, mais également le degré de maturation du fruit, période de récolte, solvant d'extraction et la durée de stockage ont une forte influence sur le contenu en polyphénols (Forucci, 2006).

La raison principale pour le choix des polyphénols réside dans ces propriétés antioxydants plus importantes (Haleng et al., 2007), ainsi qu'à leurs utilisations en phytothérapie (Hannebelle et al., 2004). Par ces résultats on peut considérer le poivron comme étant une source d'antioxydant naturelle.

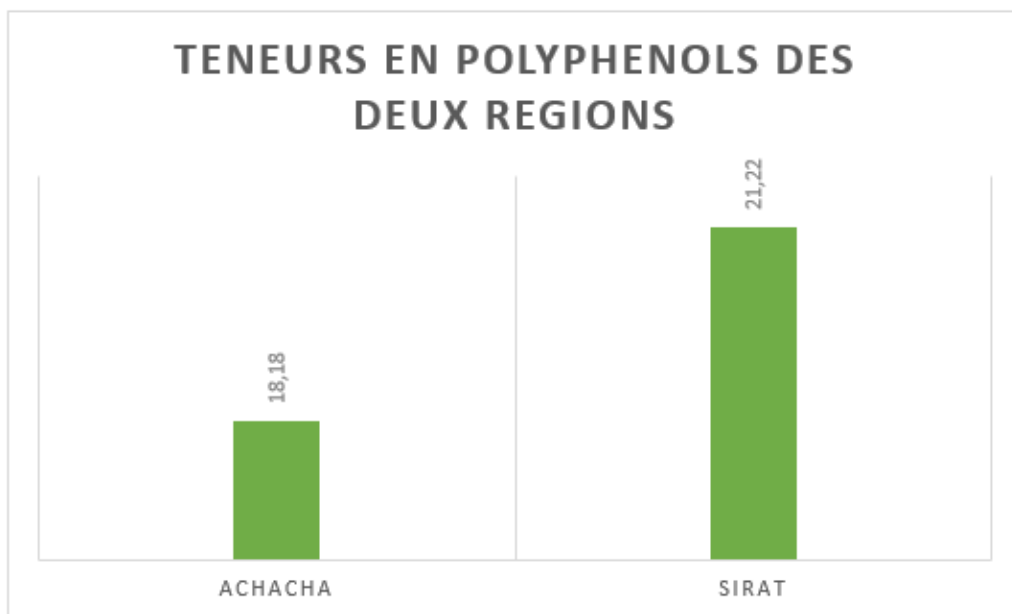


FIGURE 5.16 – teneur en polyphénol totaux des extraits du capsicum annuum des deux communes

V. Evaluation de l'activité antioxydante

L'efficacité des antioxydants vient de leur capacité à donner leur propre électron aux radicaux libre, par conséquent, ils peuvent briser la réaction en chaîne de l'oxydation. Les antioxydants sont classés en deux catégories à savoir les synthétiques (par exemple, BHT, BHA et TBHQ) et les naturels (par exemple, vitamines, composés phénoliques ou flavonoïdes). Les antioxydants synthétiques sont moins appréciés car ils sont susceptibles d'être cancérogènes.

L'activité antioxydante des deux extraits a été évaluée par la méthode de piégeage du radical libre DPPH, dans le but de déterminer la concentration de l'antioxydant permettant d'inhiber la moitié du radical. Cette méthode s'accompagne par le passage du radical DPPH de la couleur violette à la couleur jaune mesurable à 517nm (Prakaskash et al., 2007). Comme il n'existe pas de mesure absolue de la capacité antioxydante d'un composé, les résultats sont souvent portés par rapport à un antioxydant de référence, comme l'acide ascorbique (vitamine C) (Alyafi, 2007).

Une droite d'étalonnage a été établie en tenant compte des différentes solutions d'acide ascorbique (Vit. C) préparées. Les taux d'inhibition ont été calculés pour chacune des concentrations, en se basant sur les densités optiques obtenues à partir des préparations des différents extraits et Vit. C.

Le calcul de la valeur IC50, qui est un indicateur de la concentration nécessaire de l'extrait pour inhiber 50% du radical libre DPPH. Plus la concentration de l'extrait est petite plus l'extrait est un bon antioxydant. La valeur IC50 est liée à la capacité antioxydante d'un composé, plus IC50 est faible plus l'activité antioxydante est élevée (Villaño et al., 2007).

| Activité antioxydant | Vitamine C | Sirat | Achacha |
|----------------------|------------|--------------|--------------|
| IC50 (mg/ml) | 0.3 | 9.95 | 67.63 |
| I. (%) max (mg/ml) | 90.83% | 69,11 ± 1,7% | 52,52 ± 2,8% |

TABLE 5.15 – résultat de l'activité antioxydante

D'après les résultats obtenus lors de l'activité antioxydante, nous avons révélé que tous les extraits étudiés possédant un pouvoir antioxydant important et ils sont capables de piéger le radical DPPH. Les valeurs des IC50 se diffèrent d'un extrait à un autre, et l'extrait du poivron de Sirat, représenté le pouvoir anti radicalaire le plus élevé (IC50 : 9,954mg/ml), par rapport à l'extrait de Achacha avec une valeur d'IC50 de 67,63mg/ml et l'acide ascorbique (0,3 mg/ml).

AH El-Ghorab et al., (2010) ont trouvé pour les poivrons séchés extrait par le méthanol une activité antioxydante maximale a $56.921 \pm 3.56 \%$. Ces résultats sont compatibles aux résultats obtenus pour les deux régions. La valeur dei. Max pour la région de Sirat est en accord avec les travaux de Deepa et al., (2007) qui ont trouvé qu'une activité antioxydante du poivron était de 70%.

Cette variation entre les deux régions pourrait être due à la différence de variété, de contenu en vitamine C et de conditions environnementales mais également culturelles et du savoir-faire des agriculteurs des deux régions. L'acide ascorbique, le TP sont les principaux composés associés à l'activité antioxydante.

Théoriquement il a été rapporté que les polyphénols sont des donateurs efficaces d'atome d'hydrogène au radical DPPH, en raison de leurs structures chimiques idéales (Erol et al., 2010), de très grande différence de points de vue sont notées à propos de cette corrélation. Certains travaux ont montré une bonne corrélation entre les IC50 et la teneur en polyphénols et en flavonoïdes, à l'apposé d'autre études n'ont pas établi cette corrélation (Athamena et al., 2010; Mariod et al.,2010). Par ailleurs, il est bien établi que l'activité antioxydante est corrélée positivement avec la structure des polyphénols. Généralement, les polyphénols avec un nombre élevé du groupements hydroxyles présentent l'activité antioxydante la plus élevée (Heim, et al., 2002) due à leur pouvoir de donner plus d'atomes pour stabiliser les radicaux libres (Torres de pinedo et al., 2007).

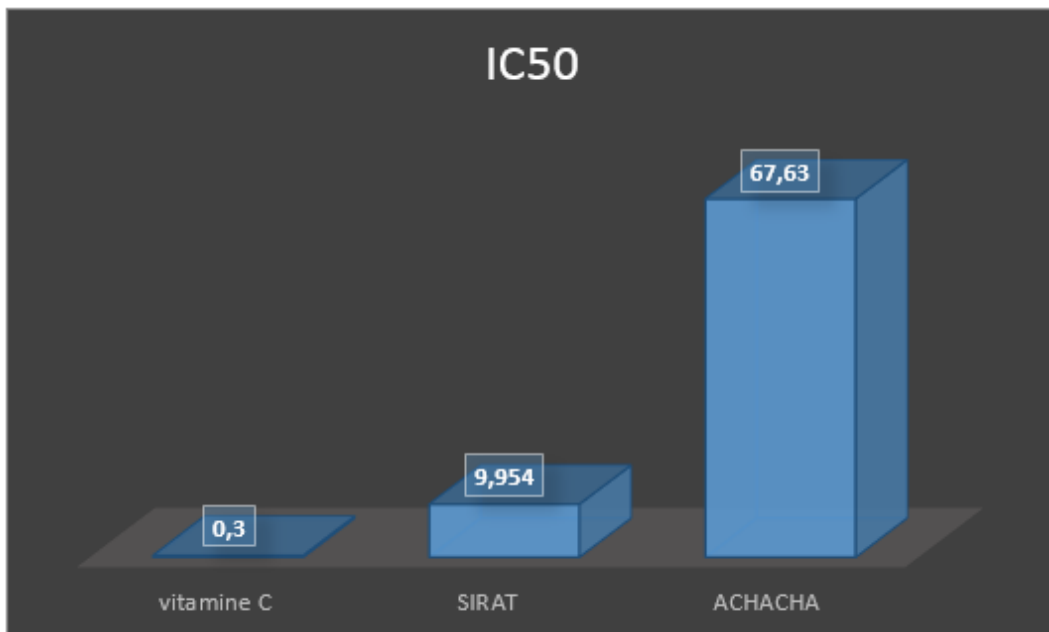


FIGURE 5.17 – IC50 de la vit C et des deux régions

1. Les sucres totaux et réducteurs :

Selon la figure, le taux de sucre totaux et réducteur des poivrons provenant de Achacha est doublement supérieur à celle de Sirat. On remarque que ce taux varie en fonction des régions, il est également lié à la réaction de brunissement non enzymatique (Georgelis et al., 2006 ; Mehdi Ghiafeh et al., 2006).

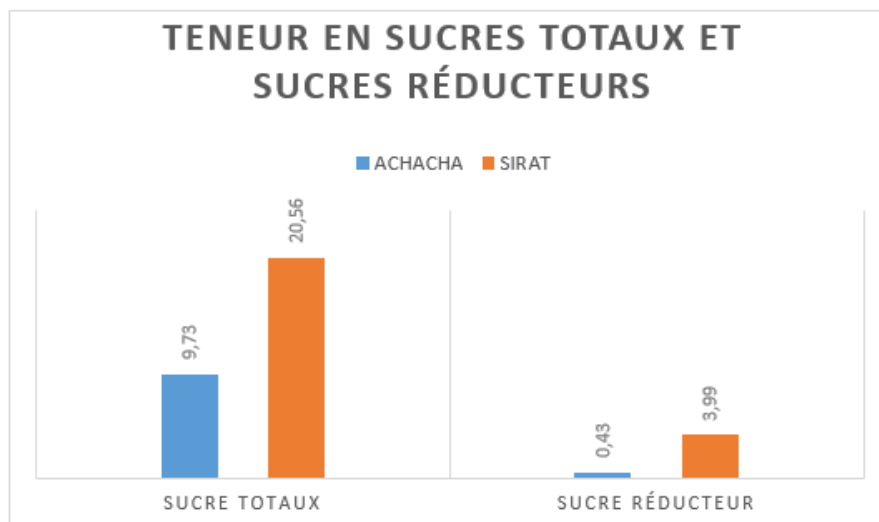


FIGURE 5.18 – Taux en sucres totaux et sucres réducteurs

VI. Analyse organoleptique

Au cours du test de dégustation les jugements des échantillons de poivron était basé sur l'apparence, couleur externe, forme, fermeté, aspect interne, chair. Ces critères permettent de qualifier le poivron et par la même occasion connaître la préférence des consommateur(panelistes). A travers les résultats obtenus, on remarque que les panelistes ont opter pour les poivrons de Sirat les caractéristiques suivantes : 40% ont jugé la chair comme épaisse avec une apparence lisse, pour la forme 90% des dégustateurs affirme que le fruit est carré et une fermeté farineuse (38%), aspect interne légèrement acide (60%) avec une couleur externe vert foncé. Après cuissons, les panelistes (86%) n'ont pas remarqué beaucoup de changement après la cuisson mis à part que c'était plus fondant avec un gout plus prononcé.

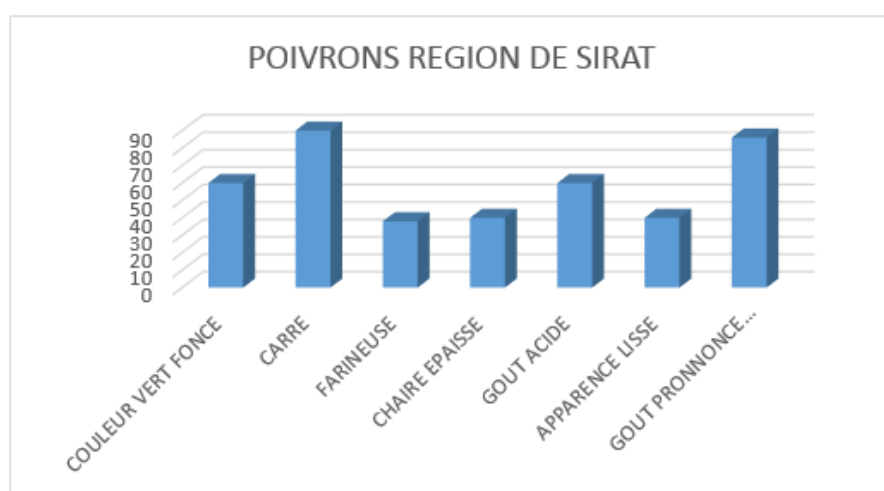


FIGURE 5.19 – résultats d'analyses organoleptique du poivron de la région de Sirat en pourcentage

Les poivrons provenant de la région de Achacha a été jugé par 95% de paneliste comme triangle et de couleur rouge, avec une apparence lisse et brillante (59%) .la majorité des dégustateurs (96%) ont trouvé que le poivron de Achacha étaient sucré a chair savoureuse, par contre 63% des panelistes disent du poivron de Achacha comme étant moyennement ferme car il cède à la pression du doigt.la cuisson a amplifié l'appréciation des dégustateurs pour le poivron de Achacha.

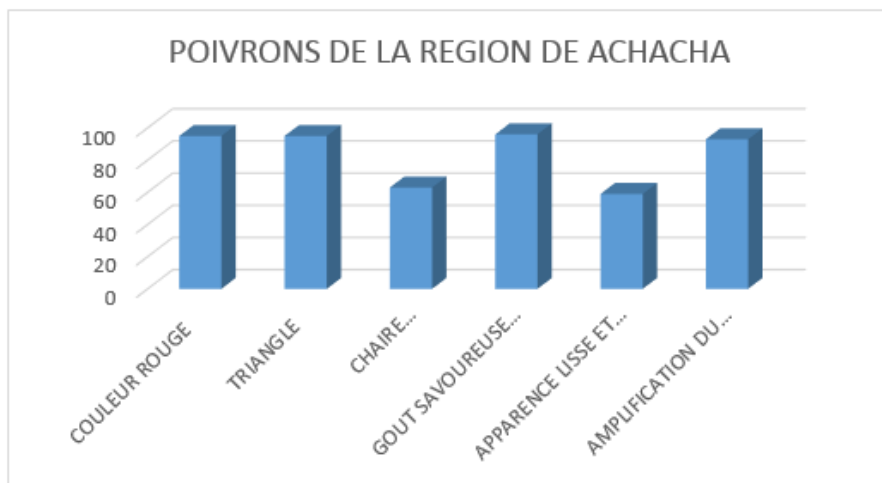


FIGURE 5.20 – résultats d’analyses organoleptique du poivron de la région de Achachat en pourcentage

Appréciation globale On remarque que les poivrons le plus appréciés sont ceux provenant de la région de Achacha car ils ressortent avec des notes globales assez élevées répondant aux critères suivants : rouge, lisse et brillante avec un goût sucré. Sur 15 panelistes 87% ont préféré les poivrons de Achacha contre 15% qui ont opté pour ceux provenant de la région de Sirat.

Conclusion

La qualité nutritionnelle des produits végétaux varie tout au long de la filière du champ à la l'assiette. La qualité nutritionnelle n'est qu'une composante de la qualité globale, qui intègre d'autres dimensions, sensorielle, microbiologique, toxicologique mais aussi d'usage comme la praticité. Pour avoir une offre alimentaire saine, sûre, et savoureuse il faudra une combinaison de tous ces qualités dans le respect bien sûr de l'homme et de son environnement.

L'objectif principal de cette étude consiste en premier étant la quantification des composés bio-actifs du poivron à savoir les polyphénols totaux, l'activité antioxydante et la vitamine C pour faire une comparaison des deux régions ; mais aussi de l'effet de la conservation et de la friture sur certains paramètres physicochimiques du poivron.

Les résultats nous révèlent que la zone géographique, la composition du sol, le degré de maturité le temps et la température sont des facteurs de variation de la composition du poivron et a une influence sur l'appréciation des consommateurs.

La comparaison de la composition globale des poivrons provenant des deux régions, il ressort que les échantillons de Sirat au cours de la réfrigération ont donné la valeur la plus importante en vitamine C, et une valeur plus élevée en activité antioxydant et en polyphénols. Les teneurs en sucres totaux et sucres réducteurs étaient les plus élevés. D'un point de vue nutritionnel on pourra dire que le poivron de Sirat est meilleur par apport à ceux provenant de la région de Achacha. Par contre les panelistes, donc les consommateurs, ont une grande préférence pour les poivrons provenant de Achacha. Il est à retenir que le poivron de Sirat s'apprête mieux à la conservation que celle de Achacha qui est facilement périssable.

Bibliographie

A

- [1] A.H. El-Ghorab, Q. Javed, F.M. Anjum, S.F. Hamed & H.A Shaaban (2010) Pakistani Bell Pepper (*capsicum annum L.*) : Chemical Compositions and its Antioxidant Activity. *International Journal of Food Properties* 16, 18-32.
- [2] ANONYME, 2004 www.aprifel.com/fr/fiche-nutritionnelle-pour-produit-poivron-vert.
- [3] A. Orobiyi, H. Ahissou, F. Gbaguidi, Sanoussi, A. Houngbèmè, A. Dansi and A. Sanni (2015) Capsacin and Ascorbic Acid Content in the High Yielding Chili Pepper (*capsicum annum.*) Landraces of Northern Benin. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 4(9) : 394-403
- [4] Ayhan Topuz*, Feramuz Ozdemir (2007) Assessment of carotenoids, capsaïcinoïdes and ascorbic acid composition of some selected peppercultivars (*capsicum annum L.*) grown in Turkey. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20, 596-602.

B

- [5] B. ALONI*, L. KARNI, G. DEVENTURERO, E. TURHAN and H. AKTAS (2008) Changes in ascorbic acid concentration, ascorbate oxidase activity, and apoplastic pH in relation to fruit development in pepper (*Capsicum annum L.*) and the occurrence of blossom-end rot. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* (1) 100–105.

C

- [6] Carolina Carrizo García, Michael HJ Barfuss, Eva M. Sehr, Gloria E. Barboza, Rosabelle Samuel, Eduardo A. Moscone, Friedrich Ehrendorfer (2016) Phylogenic Relationship, diversification and expansion of chili Peppers (*capsicum*, *Solanaceae*). *Oxford university press* 118(1) : 35-51.

E

- [7] [El-Bassiony, A.M.; Z.F. Fawzy; E.H. Abd El-Samad and G.S. Riad. Growth, Yield and Fruit Quality of Sweet Pepper Plants (*Capsicum annuum* L.) as Affected by Potassium Fertilization. *Journal of American Science*, 2010; 6(12) : 722-729]. (ISSN : 1545-1003).
- [8] El latin H., Skiredj A., 2003 : fiche technique V : tomate, l'aubergine, le poivron, et gombo, bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTTA N°100. Ministère de l'agriculture et du développement rural. Royaume de Maroc.
- [9] Éric Birlouez, Petite et grande histoire des légumes, Quæ, coll. « Carnets de sciences », 2020, 175 p. (ISBN 978-2-7592-3196-6, présentation en ligne [archive]), Ces légumes que nous devons au Nouveau Monde, « Piments et poivrons : chaudes couleurs », p. 123-131.

F

- [10] Fiche technique synthétique pour la production du poivron *Capsicum annuum* L.
- [11] François Nsemi Muanda (2010) Identification de polyphénols, évaluation de leur activité antioxydante et étude de leurs propriétés biologiques. Thèse de doctorat Chimie organique. Université Paul Verlaine-Metz, 239p.
- [12] FS Tsai, « effects of luteolin on learning acquisition in rats : Involvement of the central cholinergic system » *Life Sci...*, vol. 80, n° 18, 10 avril 2007, p. 1962.

H

- [13] https://ressources.semencespaysannes.org/docs/crjourneana_sens.pdf.
- [14] https://www.agrimaroc.net/bulletins/btta_100.pdf.

I

- [15] In Guk Hwang, Young Jee Shin, [...], and Seon Mi Yoo (2012) Effects of Different Cooking Methods on the Antioxidant Properties of Red Pepper (*Capsicum annuum* L.). *Preventive Nutrition and Food Science* 17(4) : 286-292.
- [16] Irena Perucka, Malgorzata Materska (2007) ANTIOXIDANT VITAMIN CONTENTS OF CAPSICUM ANNUUM FRUIT EXTRACTS AS AFFECTED BY PROCESSING AND VARIETAL FACTORS. *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment.* 6(4) 2007, 67-74.
-

K

- [17] Kébir Tahar (2012) étude de contamination, d'accumulation et de Mobilité de quelques Métaux situés près d'une décharge industrielle de l'usine AL Zinc de la ville de Ghazaouest. Thèse de doctorat Chimie de l'université de Tlemcen ,282p.

M

- [18] Macho, « A Non-pungent capsaicinoids from sweet popper synthesis and evaluation of the chemopreventive and anticancer potential », Eur. J Nutr., vol. 42, no 1, 2003 mois=1, p. 2-9
- [19] MAŁGORZATA MATERSKA AND IRENA PERUCKA (2005) Antioxidant Activity of the Main Phenolic Compounds Isolated from Hot Pepper Fruit (*Capsicum annuum* L.). Journal of AGRICULTURAL AND FOOD CHEMISTRY, 53, 1750-1756.
- [20] Mérièm Mokhtar (2015) identification et propriétés biologiques des principes actifs du piment (*capsicum annuum* L.). Thèse de doctorat Nutrition et Santé. Université de Mostaganem, 174p.
- [21] M. hattou Mohamed Amine (2016) effets de l'incorporation des huiles essentielles extraite du thym et origan sur la productivité, les qualités nutritionnelles et physico-chimiques du poivron. Mémoire de Master, Biotechnologie alimentaire. Université de Mostaganem 81p.
- [22] Monica Rosa Loizzo, Marco Bonesi, Annalisa Serio, Clemencia Chaves-Lopez, Tiziana Falco, Antonello Paparella, Francesco Menichini & Rosa Tundi (2016) Application of nine air-dried *Capsicum annuum* cultivars as food preservatives : micronutrient content, Antioxidant activity and inhibitory effects of food-borne pathogens. I International. Journal of Food Properties 20(4), 899-910.
- [23] Michel Pitrat (2003) Piments. Histoires de légumes. Claude Foury. Editions Quæ, Paris.pp278-289.

N

- [24] Nesrin Firat Korkutata & Arzu Kavaz (2015) A Comparative Study of Ascorbic Acid and Capsaicinoid Contents in Red Hot Peppers (*Capsicum annuum* L.) Grown in Southeastern Anatolia Region, International Journal of Food Properties, 18 :4, 725-734.

S

- [25] Sante.lefigaro.fr/mieux-etre/nutrition-aliments/poivron/que-contient-poivron.
-

T

- [26] Tomi Lois Olatunji and Anthony Jide Afolayan (2019) Comparative Quantitative Study on Phytochemical Contents and Antioxydant Activities of *Capsicum annum* L. and *capsicum frutescens* L. *Scientific World Journal* ,4705-140.
- [27] Tristan Nondah (2004), contamination a la stratégie de sélection de géotypes de piments (*capsicum annum* L.) Adaptés aux conditions tropicales chaudes et humides. Mémoire ingénieur agronome. Ecole national supérieur d'Agriculture, thies/Sénégal.

W

- [28] www.passeportsante.net/fr/Nutrition/EncyclopedieAliments/Fiche.aspx?doc=poivron_nu.

X

- [29] Xavier Mathias (2012) Poivron et piment. *Le Traité rustica Des Variétés Potagères*. RUSTICA ; loisirs-et-passions édition, Ballan-Miré.pp228-233.

Y

- [30] Yida Liu, Yulian Chen, Yuanliang Wang, Jiaxu Chen, Yuxin Huang, Yingzi Yan, Luoming Li, Youhua Ren Yuxiao (2020) Total phenolics, capsaicinoids, Antioxidant activity, and -glucosidase inhibitory activity of three varieties of pepper seeds. *International Journal of Food Properties* 23, 1016-1035.
-