



JOURNAL OF OASIS AGRICULTURE AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT

www.joasdjournal.org



p-ISSN: 2724 – 699X
e-ISSN: 2724-7007

Etude comparative des composés biochimiques de 12 accessions locales de piment (*Capsicum annuum* L.) des oasis tunisiennes

Comparative study of the biochemical compounds of 12 local pepper accessions (*Capsicum annuum* L.) of Tunisian oases

Ben Abed Safa¹, Dhen Najla¹, Ilahy Riadh², Lachiheb Belgacem³, Al Mohandes Dridi Boutheina¹ & Rhim Thouraya²

¹ Research laboratory "Agrobiodiversity and Ecotoxicology" LR21AGR02, High Institute of Agronomy of Chott- Mariem 4042, Sousse, Tunisia

² Horticulture Laboratory. Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie (INRAT). 2049.Ariana.Tunisia

³ laboratory of dry land farming and oasis cropping, Arid Regios Institute, 4100 Mednine, Tunisia

Article info

Histoire :
Reçu le 10/02/2022
Accepté le 10/05/2022

Mots-Clés : piment, ressources génétique, caractérisation biochimique.

* Auteur correspondant
safa.benabed@yahoo.com

Résumé

Le *Capsicum annuum* est parmi les cinq espèces *Capsicum* domestiquées (*frutescens*, *annuum*, *baccatum*, *chinense* et *pubescens*) le plus cultivé dans le monde. Il s'adapte assez bien, au milieu sec et chaud. Il est d'une réelle importance socio-économique, capable, de fournir une production de fruits consommés frais ou sous forme de produits peu transformés (piment conservé, piment séché, épice, etc.) de valeur nutritive élevée. L'objectif de cette recherche était d'étudier la diversité biochimique : capsaïcine, dihydrocapsaïcine, fer, potassium, magnésium, sodium, zinc, flavonoïdes et acides phénoliques contenus dans une collection de piment provenant de différentes zones d'oasis en Tunisie (Gabès, Kbeli et Tozeur). La caractérisation de ces éléments a été identifiée en utilisant la méthode HPLC et la spectrophotométrie d'absorption atomique. On constate une grande variabilité entre les localités de point de vue richesse en composés chimique (coefficient de variation % entre 43 et 108%). La récupération de ces anciennes provenances, qui ont été remplacé par des cultivars commerciaux provoquant une érosion génétique dans cette culture, devraient être capitale pour le maintien d'une agriculture durable.

Article info

Article history:
Received 10/02/2022
Accepted 10/05/2022

Keywords: pepper, genetic resources, biochemical characterization.



Copyright©2022 JOASD

* Corresponding authors
safa.benabed@yahoo.com

Conflict of Interest: The authors declare no conflict of interest.

Abstract

Capsicum annuum is among the five domesticated *Capsicum* species (*frutescens*, *annuum*, *baccatum*, *chinense* and *pubescens*) the most cultivated in the world. It adapts quite well, in a dry and warm environment. It is of real socio-economic importance, capable of providing a production of fruit consumed fresh or in the form of products little processed (preserved chilli, dried chilli, spice, etc.) of high nutritional value. The objective of this research was to study the biochemical diversity: capsaicin, dihydrocapsaicin, iron, potassium, magnesium, sodium, zinc, flavonoids and phenolic acids contained in a collection of chillies from different zones of oasis in Tunisia (Gabès, Kbeli and Tozeur). The characterization of these elements was identified using the HPLC method and atomic absorption spectrophotometry. There is considerable variability between localities in terms of chemical richness (coefficient of variation % between 43 and 108%). The recovery of these old sources, which have been replaced by commercial cultivars causing genetic erosion in this crop, should be crucial for the maintenance of sustainable agriculture.

1. INTRODUCTION

Le piment (*Capsicum annuum* L.) est parmi les cultures maraichères (famille des Solanacées) les plus cultivées dans le monde avec une production mondiale de 19 millions de tonnes (FAO, 2007). En Tunisie, la culture de piment est d'une importance économique importante. Un grand nombre de variétés sont cultivées et bien adaptées (Lahbib et al., 2021 ; Mnari-Hattab et al., 2022). Parmi ces variétés, on trouve les cultivars locaux des oasis du sud-ouest tunisien (*Capsicum spp*) (El Khaldi et al., 2021).

Au cours des dernières décennies, des variétés à haute production ont été introduites et ont progressivement remplacé les cultivars locaux très adaptés. La conservation et la régénération de ces anciens cultivars locaux, est d'une importance capitale pour une gestion durable de cette diversité locale et ce par le développement de nouvelles variétés et le maintien d'une agriculture durable (Rivera et al., 2016). La caractérisation de ces variétés est d'une importance cruciale pour leurs préservation et leurs valorisation.

Les ressources génétiques du piment constituent une principale source pour diversifier les variétés aux besoins alimentaires. En effet, le côté nutritionnelle est important en raison de la présence de capsaïcinoïdes, responsable du goût piquant, caroténoïdes, composés phénoliques, les vitamines C et E ainsi que d'autres éléments chimiques ayant des activités antioxydantes et hypoglycémiques (Calixto et al., 2016, Lahbib et al., 2021, Tundis et al., 2013).

Dans le but de préserver cette diversité du piment local et de valoriser leurs potentiels diététiques, la présente étude visait à caractériser treize accessions locales de piment provenant des oasis tunisiennes en se basant sur des caractères biochimiques des fruits (composés phénolique, minéraux et capsaïcines).

2. Matériel et méthodes

2.1. Matériel végétal

Douze accessions de piment (Ghannouch, Chatt salem, Cheneni, Wad nour, Dguech, Midess, Nafta, Hammet Jerid, Telmine, kelwamen, Barghouthia et Bchelli) ont été collecté chez des agriculteurs des oasis de Gabès, Kébili et Tozeur et un témoin acheté auprès d'un point de vente des semences certifiés.

Un essai expérimental, conduit en blocs complètement randomisés (avec un seul facteur

de variation), sous abri-serre a été installé dans la parcelle expérimentale de l'Institut des Régions Arides de Gabès.

2.2. Screening biochimique

2.2.1. Analyse des minéraux

Les fruits de piment ont été récoltés après maturation et ont été séchés à 85°C dans une étuve (de type Binder) jusqu'à stabilisation du poids. La quantification des éléments minéraux a été réalisée par spectroscopie d'absorption atomique par flamme (SAA). Pour ce faire, trois prises d'essai de 1 g, après passage dans un four à moufle (de type Nabertherm) (550°C, 5 heures), sont attaquées par 3.75 ml d'eau ultra pure et 1.25 ml d'acide chlorhydrique (HCL). Le mélange a été porté à ébullition. Après refroidissement le mélange est filtré dans des fioles jaugées ensuite ajusté à 50 ml d'eau ultra pure. Les filtrats obtenus ont été conservés jusqu'aux analyses effectuées par spectroscopie d'absorption atomique.

2.2.2. Analyse des composés phénoliques

L'extrait méthanolique a été obtenu par mélange de 7 g de poudre de piment avec 28 ml de méthanol (90%, v/v) par agitation en vortex, macération et incubation dans un bain d'eau à 60°C pendant 20 min (Kondakova, 2009). Après filtration et centrifugation à 2000 rpm pendant 15 minutes, le surnageant (résultat de deux extractions successives) est concentré à l'aide d'un évaporateur rotatif à une température de 40° C à pression atmosphérique.

La séparation des extraits phénoliques et des capsaïcines a été réalisée à l'aide de LC – ESI-MS sur un système Shimadzu UFLC XR (Shimadzu, Kyoto, Japon), équipé d'un auto-échantillonneur SIL-20AXR, d'un contrôleur de système SCL-10A, d'une colonne CTO-20 AC. Une pompe binaire LC-20ADXR et un système de détection quadripolaire 2020. Cet instrument était équipé d'une colonne Discovery BIO Wide Pore C18 (S250 × 4,0 mm id ; 5 µm). La température de la colonne a été réglée à 40° C et le volume d'injection était de 5 µL avec un débit de 0,5mL/min. De l'eau avec de l'acide formique à 0,1% et du méthanol avec de l'acide formique à 0,1% ont été utilisées comme phases mobiles A et B, respectivement. Les échantillons ont été analysés en utilisant un gradient linéaire programmé comme suit : 0-14 min, de 10 à 20% de B ; 14 à 27 min, de 20 à 55% de B ; 27-37 min, de 55 à 100% de B ; 37-45 min, 100% de B ; et 45 à 50 min 10% B. Les conditions utilisées pour

la SM avec la source d'ionisation par électrospray (ESI) étaient la température de la ligne de dissolution qui était de 280° C. Le gaz de séchage, l'azote, a été fixé à 15,0 L / min et le débit de gaz de nébulisation à 1,50 L / min. Les spectres de masse LC ESI (-) MS [M-H] - ont été acquis à l'aide du logiciel LabSolutions (Shimadzu).

La quantification et l'identification des composés phénoliques présents dans différents échantillons ont été obtenues par comparaison avec le temps de rétention et les spectres de masse d'étalons connus testés dans les mêmes conditions.

2.2. Analyses statistiques

Les analyses statistiques des données ont été réalisées à l'aide du logiciel SAS/STAT® (SAS Institute Inc. 2004). Une analyse en composantes principales (ACP) suivie d'une représentation graphique des individus en utilisant les procédures CLUSTER et PRINCOMP a été également effectuée.

3. RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. Screening biochimique de piment

L'analyse des paramètres biochimique étudiés sur les 13 accessions de piment a montré une grande variabilité entre les différentes provenances (CV% entre 43 et 108%) (Tableau 1). Afin d'apprécier graphiquement les écarts enregistrés entre les différentes localités étudiées de point de vue richesse en composés biochimiques, la composition déterminée par SAA ou HPLC est présenté sur la Fig. 1.

3.2. Analyse de groupes et établissement du dendrogramme de similitude

L'analyse des groupes effectuée sur la base de la composition biochimique des fruits révèle une

hétérogénéité au sein des accessions étudiées, plusieurs groupes se différencient (Fig. 2). Le dendrogramme issu de la classification hiérarchique (niveau de coupe correspondant à la première réduction importante de R2 d'une hiérarchie à une autre) a montré que les 13 accessions étudiées peuvent être réparties en 7 clusters constitués chacun des accessions très proches en se basant sur la composition biochimique.

Ce dendrogramme montre également que 4 localités se séparent des autres et chacune forme un groupe à part ayant des caractéristiques biochimiques spécifiques. Il s'agit des localités 'chatt salem' (G1), 'Barghouthia' (G3), 'Hammet Jerid' (G5) et 'Ghannouch' (G6). Egalement, ce dendrogramme montre la présence d'un groupe de deux localités (G2 : 'Nafta' et 'Midess'), d'un groupe de trois localités (G4 : 'Chenneni', 'Wad Nour' et le 'Temoine') et d'un groupe de quatre localités (G7 : 'Telmine', 'Bchelli', 'Kelwamen' et 'Dguech').

3.3. Analyse en composantes principales (ACP)

L'analyse en composantes principales (ACP) a permis de caractériser les 7 localités ainsi identifiés et décrire et de représenter les ressemblances entre les accessions par rapport à l'ensemble des variables ainsi que d'établir des corrélations entre eux. Le tableau 2 ci-dessous qui présente les valeurs propres issues de l'ACP montre que les trois premiers axes principaux dont les valeurs sont toutes supérieures à l'unité expliquent ensemble 66 % de la variabilité totale. Les 3 premiers axes principaux ont donc été retenus pour caractériser les 7 localités identifiés de point de vue teneur en éléments biochimiques.

Tableau 1. Analyse descriptive des caractéristiques biochimiques de piment des oasis tunisiennes.

Elément chimique	Symbole	Moyenne	Min	max	Coefficient de variation %
Capsaïcine	Caps	34.57	7.66	83.8	73.97
Fer	Fe	5.73	1.75	12.25	43.93
Hyperoside	Q30G	0.94	0.03	2.66	69.58
Rutin	Rutin	0.23	0.001	1.10	134.66
Quercetrine	Q30R	16.19	6.52	31.67	48.37
Cirsiliol	Cirsiliol	51.28	18.76	216.82	86.52
Sitostérol	Sitos	1.23	0.23	3.40	75.84
1,3-di-O-caffeoyquinic acid	A13DOAcid	0.37	0.10	1.78	108.80

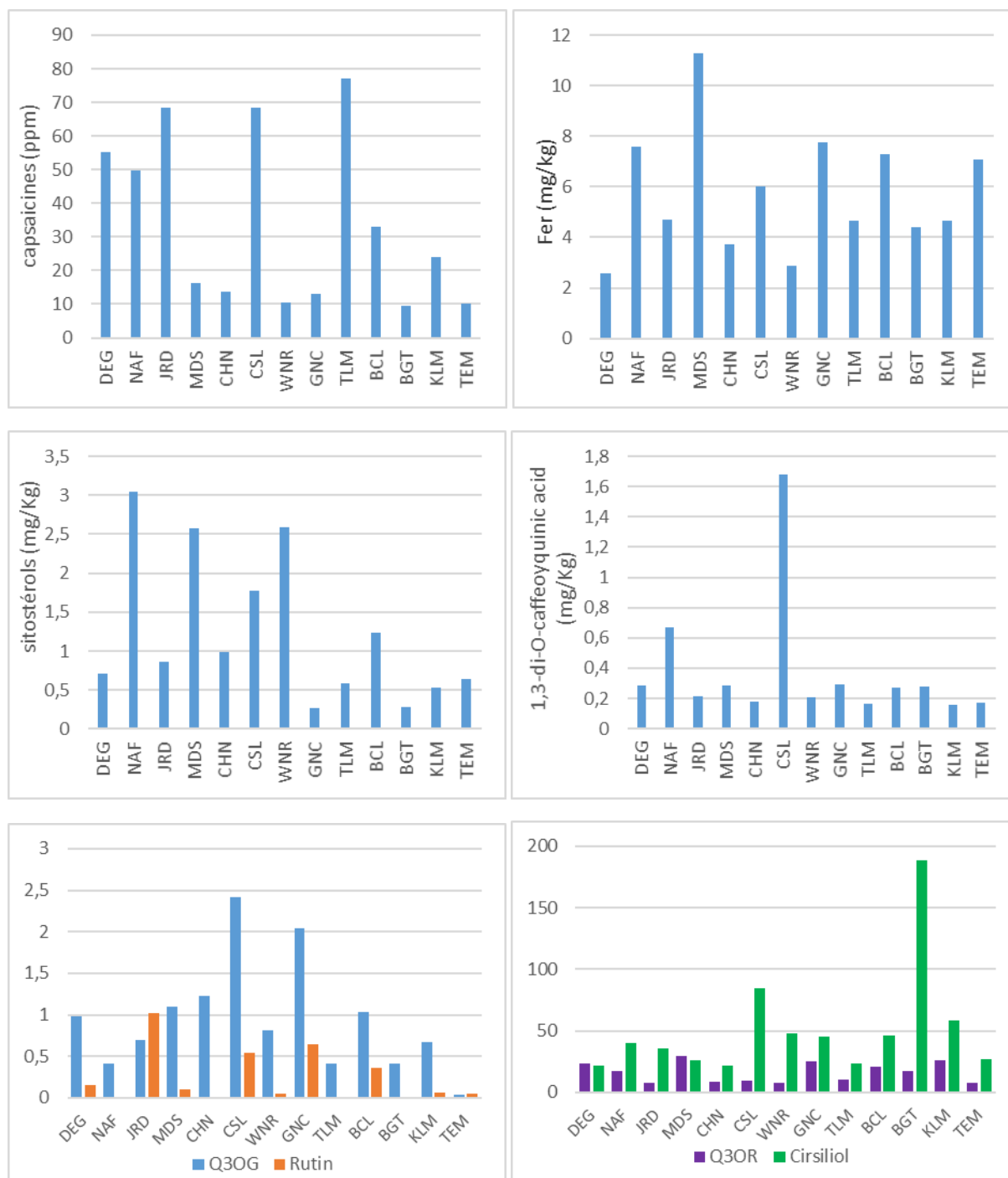


Fig. 1. Composition des accessions de piment en capsaïcines, fer, phytostérols, acide phénoliques et en flavonoïdes (mg/Kg).
(DEG ; Dguech, NAF ; Nafta, JRD ; Hammet Jerid, MDS ; Midess, CHN ; Cheneni, CSL ; Chatt salem, WNR ; Wad nour, GNC ; Ghannouch, TLM ; Telmine, BCL ; Bchelli, BGT ; Barghouthia KLM ; kelwamen, TEM ; Temoin)

Le tableau 2 présente les corrélations des variables initiales avec les trois premiers axes principaux.

Pour donner un sens aux axes principaux retenus, chaque variable sera affectée à l'axe avec qui elle possède la corrélation la plus élevée en valeur absolue. En procédant ainsi, les

variables associées à chaque axe sont comme suit :

- Axe 1 : caps, Q3OG, Rutin , A13DOAcid.
- Axe 2 : Fe, Q3OR, sitos
- Axe 3 : Cirsiliol.

Le premier axe est un axe qui permet de classer les différentes localités selon leur teneur en

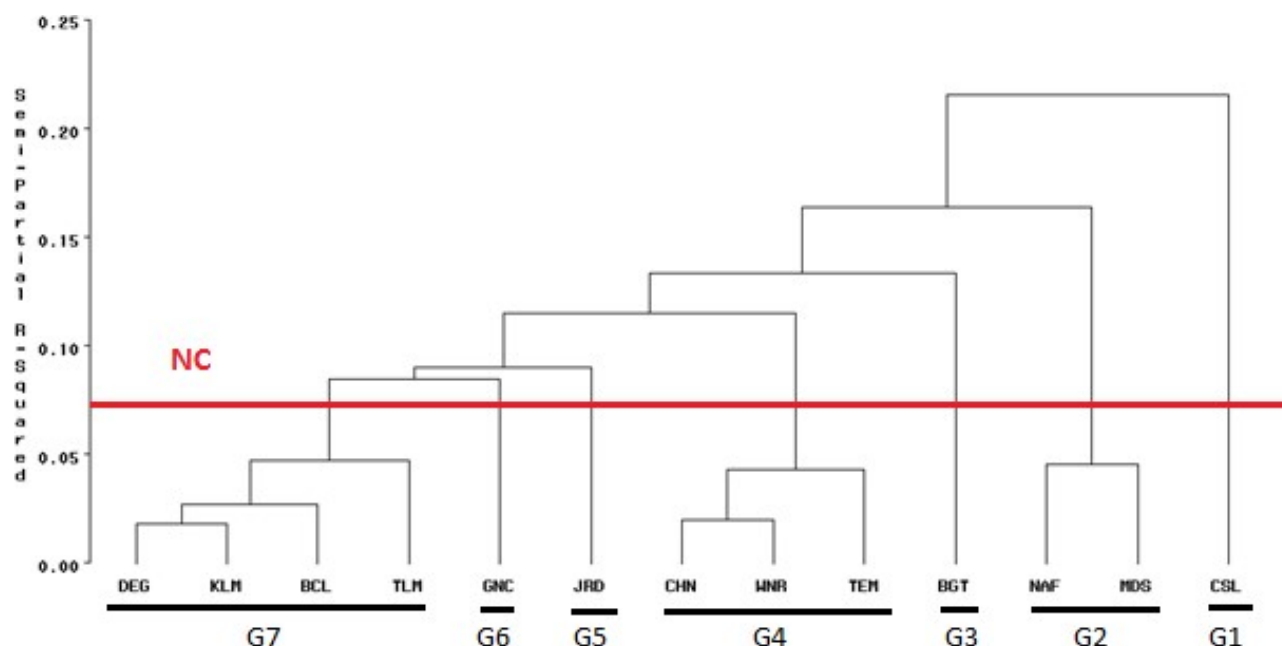


Fig. 2. Dendrogramme issu de la classification hiérarchique ascendante, relatif aux treize accessions de piment basées sur les caractéristiques biochimiques des fruits.

NC : niveau de coupe, DEG ; Dguech, NAF ; Nafta, JRD ; Hammet Jerid, MDS ; Midess, CHN ; Cheneni, CSL ; Chatt salem, WNR ; Wad nour, GNC ; Ghannouch, TLM ; Telmine, BCL ; Bchelli, BGT ; Barghouthia KLM ; kelwamen, TEM ; Temoin.

Tableau 2. Estimation de la variance (Valeur propre) pour les 8 critères évalués chez les treize accessions de piment des oasis.

Composé principal	Valeur propre	Cumulée (%)	Critères corrélés	Accessions corrélées
PC1	2.19	27	caps,Q30G,Rutin,A13DOAcid	CHN, CSL, KLM,TEM
PC2	1.72	49	Fe, Q3OR, sitos	JRD, MDS, TLM,BCL
PC3	1.32	65	Cirsiliol	DEG,NAF,WNR,GNC, BGT

éléments caps, Q30G, Rutin, A13DOAcid. Ainsi, les localités qui se trouvent à l'extrême droite de cet axe (Fig. 3) sont riches en caps, Q30G, Rutin et A13DOAcid et d'un degré moindre en Fe, Q3OR et sitos mais sont moins riches en Cirsiliol et vis-versa. Le deuxième axe permet de classer les localités selon leur richesse en fer, Quercitrin (Q3OR) et sitostérol. Finalement le troisième axe permet de classer l'élément Cirsiliol.

La Fig. 3 donnent la projection des variables (cercles des corrélations) et des localités (plans factoriels) formées par les différentes combinaisons des trois axes principaux retenus pour cette étude. Les 7 groupes de localités identifiés sont mentionnées sur chacun de ces trois graphiques.

Pour apprécier la qualité de représentation (cosinus carrés) des variables (éléments biochimiques) et des localités sur les différents plans factoriels dressés, le tableau 2 en présente les principaux résultats. Ainsi, le tableau 2 montre que l'ensemble des variables étudiées sont très bien représentées sur l'un ou l'autre des trois plans factoriels élaborés (> 60%). Comme pour les variables, le tableau 2 montre aussi la projection des localités sur les trois premiers axes principaux et leurs sommes sur les trois plans factoriels formés par ces axes.

Pour la caractérisation des différents groupes des localités identifiées, nous nous sommes basés d'une part sur les graphiques de la Fig. 3 représentant la projection des variables (éléments biochimiques) et des individus

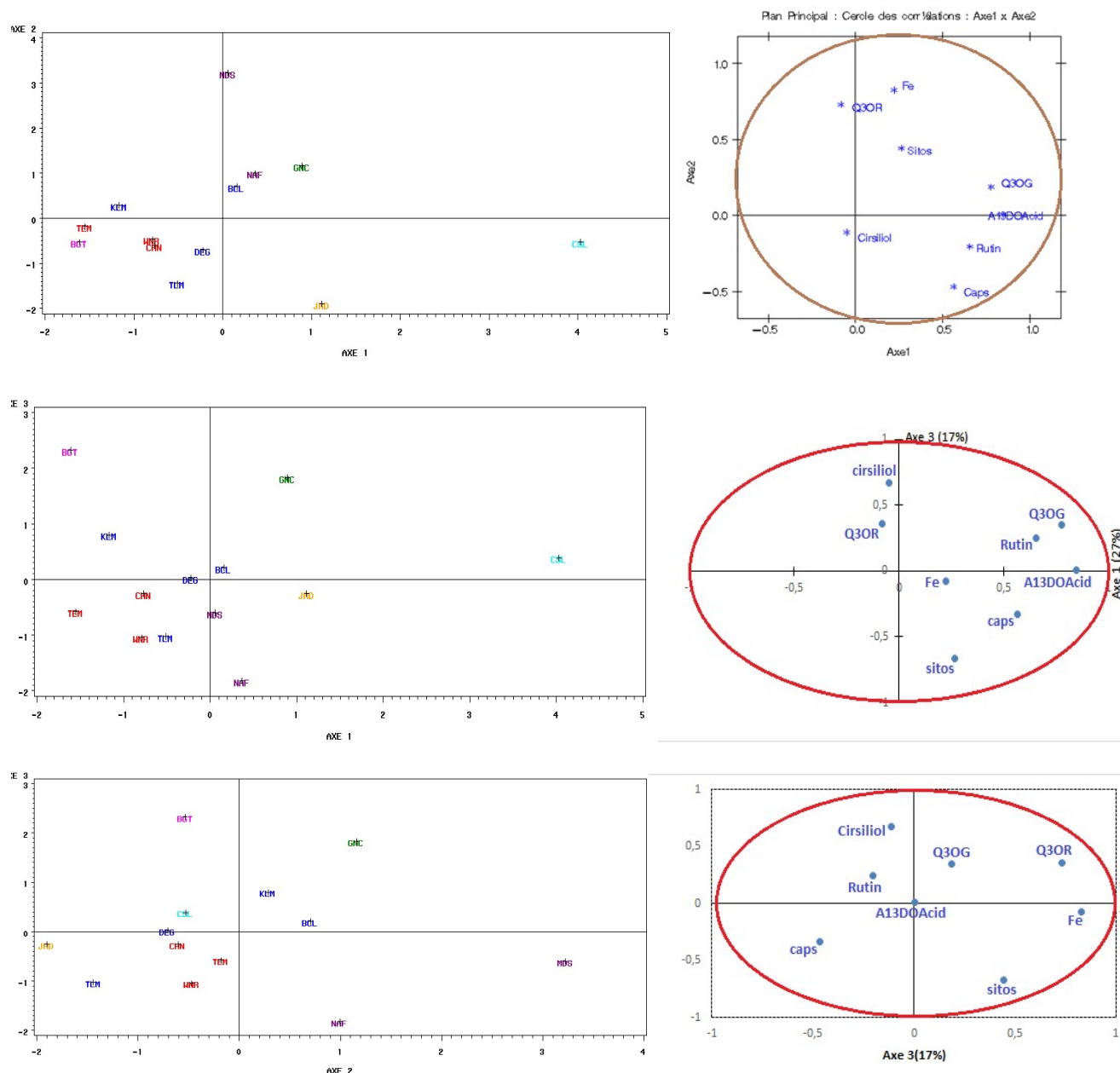


Fig. 3. Cercle des corrélations et plan factoriel formés par les axes 1,2 et 3.

(localités) sur les différents plans factoriels et, d'autre part sur les statistiques descriptives des différents éléments biochimiques de chaque localité (Tableau 1).

Le capsaïcine est le composé majeur des capsaïcinoïdes présent dans les fruits du piment et celui responsable du goût piquant (Tundis *et al.*, 2013). Des différences significatives pour ce composé ont été observées entre les accessions étudiées. La teneur de ce composé la plus élevée a été observée chez l'accension de Telmine (77,222 ppm) et la valeur la plus faible a été

enregistrée chez l'accension de Barghouthia (9,619 ppm) tandis que le Témoin (TEM) ne contient que 10,087 ppm de capsaïcine. Ces valeurs déterminées sont similaires à ceux trouvées par Ornelas-Paz *et al.* (2010), qui ont rapportés une valeur entre 0,6 et 913 µg/g de matière fraîche. Ces valeurs obtenues de capsaïcines sont considérées relativement faibles chez les accessions locales étudiées. Ces résultats peuvent être expliqués par la diminution du pourcentage de capsaïcines se produisant entre les jours 20 et 50 de maturation correspondants à une augmentation

du pourcentage du reste des capsaïcinoïdes présents dans le piment (Barbero et al., 2014) ou aussi au fait que les capsaïcinoïdes sont plus concentrés dans le placenta que le péricarpe étudié dans notre cas (Zamljem et al., 2021). Egalement, les différences entre les teneurs de ce composé peuvent être expliquées par l'effet de l'environnement, du génotype, de la position des nœuds, des stades de fructification et de maturité ou encore de la teneur en azote et en potassium (Lu et al., 2017, Uarrota et al., 2020).

Le *Capsicum annuum* est une espèce très riche en macro et microélément (Khan et al., 2019). En effet parmi les microéléments, le fer est le minéral trouvé avec la concentration la plus élevée chez le piment (Rubio et al., 2002). Sa concentration allant de 0,258 mg/100g de matière sèche chez l'accession Deguech à 1,126 mg/100g chez l'accession Midess. Nos résultats corroborent avec d'autres études qui rapportent que les valeurs usuelles de fer chez le piment varient de 0,14 à 0,41 mg/100g de matière sèche.

Les différentes accessions de piments étudiés pourraient être considérées comme une source potentielle des composés biochimiques. Les principaux composés identifiés sont les flavonoïdes qui ont une action antioxydant importante (Sarpras et al., 2019). Les résultats ont montré que les composés phénoliques varient significativement entre les accessions étudiées. La principale raison de ces différences est probablement due au fait que la quantité de ces composés est spécifiquement reliée à l'origine géographique. L'acide phénolique majeur est le 1,3-di-O-caféoyquinique acid qui varie entre 0,16 mg/kg chez l'accession Kelwamen et 1,677 mg/kg chez celle de Chatt Salem. Concernant les flavonoïdes, les extraits de piment contiennent des quantités mesurables de rutine, de quercétine, cirsiol et hyperoside. Nos résultats ont montré une variation de quercétrin entre 7,361 mg/kg à Hammet Jerid et 29,222 mg/kg à Midess ce qui est en accord avec les travaux de Materska (2014) rapportant des valeurs entre 4,8 et 53,6 mg/kg. Pour la rutine, elle a enregistré 0,001 mg/kg chez l'accession Barghouthia et 0,65mg/kg chez celle de Ghannouch, ces concentrations sont similaires à celles indiquées par Torres et al. (2012) qui fluctue de 0,01 à 0,77 pour des piments d'origine mexicaine.

La composition phénolique varie qualitativement et quantitativement d'une plante à une autre. Cela peut être attribué à

plusieurs facteurs tels que les facteurs climatiques et environnementaux à savoir la sécheresse, la zone géographique, le sol, les maladies et les agressions (Ebrahimi et al., 2008). De même, le stade de développement, la période de récolte et le patrimoine génétique de la plante pourraient influencer le contenu polyphénolique (Miliauskas et al., 2004). Selon Lee et al. (2008), la méthode d'extraction et la méthode de quantification peuvent également influencer l'estimation de la teneur en phénols. D'autres travaux ont rapporté que lorsque le milieu de vie de la plante n'est pas adéquat, la teneur totale en phénol augmente ; dans ce cas, la plante synthétise des métabolites secondaires pour s'adapter et survivre (Tim et Lamb, 2005).

4. CONCLUSION

La richesse des accessions locales en composés biochimiques favorables pour la santé humaine et la diversité de concentration de ces derniers d'une localité à une autre montre l'importance de la diversité oasisienne de cette espèce.

REFERENCES

- Barbero, G.F., Ruiz, A.G., Liázid, A., Palma, M., Vera, J.C., Barroso, C.G. (2014). Evolution of total and individual capsaïcinoïds in peppers during ripening of the Cayenne pepper plant (*Capsicum annuum* L.). *Food Chemistry* 153, 200–206.
- Calixto, R., Freitas, F., Molina, A., Junior, D., Zanotto-filho, A., Suzana, K., Moreira, F. (2016). Chronic ozone exposure alters the secondary metabolite profile, antioxidant potential, anti-inflammatory property, and quality of red pepper fruit from *Capsicum baccatum*. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 129, 16–24.
- Ebrahimi, N.S., Hadian, J., Mirjalili, M.H., Sonboli, A., Yousefzadi, M. (2008). Essential oil composition and antimicrobial activity of *Thymus caramanicus* at different phenological stages. *Food Chemistry* 110, 927–931.
- El Khaldi, R., Dhaouadi, L., Besser, H. (2021). Response of Oasian and exotic pepper (*Capsicum* spp.) cultivars from Tunisia to salt stress at germination and early seedling stages. *Journal of horticulture and postharvest research* 4(1), 13–24.
- FAO (2007). *FAO Production Yearbook*, Rome, pp: 333.
- Khan, N., Ahmed, M.J., Shah, S.Z.A. (2019). Comparative analysis of mineral content and proximate composition from chilli pepper

- (*Capsicum annuum* L.) germplasm. Pure Appl. Biol 8, 1338–1347.
- Lahbib, K., Dabbou, S., Bnejdi, F., Pandino, G., Lombardo, S., El Gazzah, M., El Bok, S. (2021). Agro-Morphological, Biochemical and Antioxidant Characterization of a Tunisian Chili Pepper Germplasm Collection. Agriculture 11(12), 1236.
- Lee, Y.L., Yang, J.H., Mau, J.L. (2008). Antioxidant properties of water extracts from extracts from *Monascus* fermented soybeans. Food Chem 106, 1128–1137.
- Lu, M. W., Ho, C. T., & Huang, Q. R. (2017). Extraction, bioavailability, and bioefficacy of apsaicinoids. Journal of Food and Drug Analysis 25(1), 27-36.
- Materska, M. (2014). Bioactive phenolics of fresh and freeze-dried sweet and semi-spicy pepper fruits (*Capsicum annuum* L.). Journal of Functional Foods 7, 269-277.
- Miliauskas, G., Venskutonis, P.R., Van Beek, T.A. (2004). Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extract. Food Chem 85, 31-237.
- Mnari-Hattab, M., Zaagueri, T., Zammouri, S., Rhim, T. (2022). First report of tomato leaf curl New Delhi virus infecting pepper in Tunisia. Journal of Plant Pathology.
- Nyadanu D, Aboagye LM, Akromah MK, Osei MK, Dordoe MB. (2014). Agromorphological characterization of gboma eggplant, an indigenous fruit and leafy vegetable in Ghana. African Crop Science Journal, 22(4), 281-289.
- Ornelas-Paz, J., J. Mart_inez-Burrola, S. Ruiz-Cruz, V. Santana- Rodr_iguez, V. IbarraJunquera, G. Olivas, and J. P_erez-Mart_inez. (2010). Effect of cooking on the Capsaicinoids and phenolics contents of Mexican peppers. Food Chemistry 119 (4), 1619–25.
- Rivera, A., Monteagudo, A.B., Igartua, E., Taboada, A., Garcia-Ulloa, A., Pomar, F., Silvar, C. (2016). Assessing genetic and phenotypic diversity in pepper (*Capsicum annuum* L.) landraces from North-West. Spain Science Horticulture 203, 1–11.
- Rubio, C., Hardisson, A., Martín, R. E., Báez, A., Martín, M. M., Álvarez, R. (2002). Mineral composition of the red and green pepper (*Capsicum annuum*) from Tenerife Island. European Food Research and Technology 214, 501– 504.
- Sarpras, M., Ahmad, I., Rawoof, A., Ramchiary, N. (2019). Comparative analysis of developmental changes of fruit metabolites, antioxidant activities and mineral elements content in Bhut jolokia and other *Capsicum* species. LWT - Food Science and Technology 105, 363–370.
- Tim, T.P.C., Lamb, A.J.(2005). Antimicrobial activity of flavonoids. Inter J Antimicrob Agents 26, 343-356.
- Troconis-Torres, I. G., Rojas-López, M., Hernández-Rodríguez, C., Villa-Tanaca, L., Maldonado-Mendoza, I. E., Dorantes-Álvarez, L., et al. (2012). Biochemical and molecular analysis of some commercial samples of chilli peppers from Mexico. Journal of Biomedicine and Biotechnology 873090.
- Tundis, R., Menichini, F., Bonesi, M., Conforti, F., Statti, G., Menichini, F., Loizzo, M. (2013). Antioxidant and hypoglycaemic activities and their relationship to phytochemicals in *Capsicum annuum* cultivars during fruit development. LWT - Food Science and Technology 53, 370-377.
- Uarrotta, V.G., Maraschin, M., De Baires, A.F.M., Pedreschi, R. (2020). Factors affecting the capsaicinoid profile of hot peppers and biological activity of their nonpungent analogs (Capsinoids) present in sweet peppers. Critical Reviews in Food Science and Nutrition.
- Kondakova, V., Tsvetkov, I., Batchvarova, R., Dzhambazova, I.B.T., Slavov, S. (2009) Phenol compounds-qualitative index in small fruits. Biotechnology and Biotechnological Equipment 23, 1444-1448.
- Zamljen, T., Jakopič, J., Hudina, M., Veberič, R., Slatnar, A. (2021). Influence of intra and inter species variation in chilies (*Capsicum* spp.) on metabolite composition of three fruit segments. Nature portfolio 11, 4932.