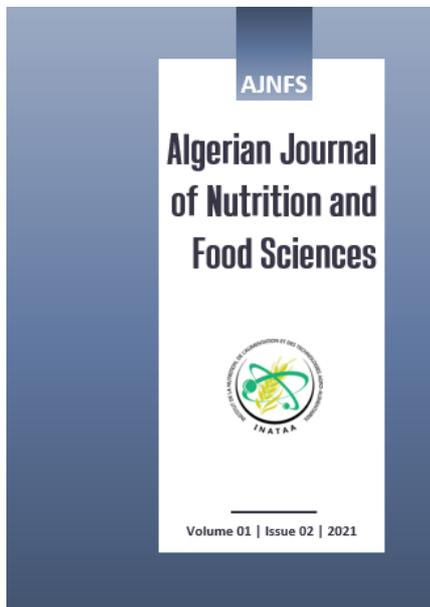


AJNFS

Algerian Journal of Nutrition and Food Sciences



Volume 01 | Issue 02 | 2021



**Algerian Journal of
Nutrition and Food Sciences
(AJNFS)**

An international journal edited by
Institut de la Nutrition, de l'Alimentation
et des Technologies Agro-Alimentaires
Université Frères Mentouri Constantine 1

Editorial Office

*Institut de la Nutrition, de l'Alimentation
et des Technologies Agro-Alimentaires*
INATAA
7° km route de Sétif
Constantine
DZ-25000
Algeria

Tel.: +213 31 60 02 47
Fax: +213 31 60 02 47

Email: inataa@umc.edu.dz

Website: fac.umc.edu.dz/inataa/revue/

Journal Initiator & Director

Pr Boudjellal Abdelghani
Directeur de l'INATAA

Editor in Chief

Dr Aissaoui Zitoun Hamama Ouarda

Production Team Leader

Dr El Hadeef El Okki Mohamed

Scientific committee

Dr Adoui Faiza	INATAA, UPMC 1
Dr Aggoun Moufida	INATAA, UPMC 1
Dr Ait Kaki Amel	INATAA, UPMC 1
Dr Baali Souad	INATAA, UPMC 1
Dr Bahchachi Nora	INATAA, UPMC 1
Dr Bahri Fathia	INATAA, UPMC 1
Pr Becila-Hioual Samira	INATAA, UPMC 1
Pr Benatallah Leila	INATAA, UPMC 1
Dr Bencheikh Yassine	INATAA, UPMC 1
Dr Bensalem Adel	INATAA, UPMC 1
Dr Benyahia-Krid Ferial	INATAA, UPMC 1
Dr Bencharif-Betina Soumia	INATAA, UPMC 1
Dr Bouchedja Doria Naila	INATAA, UPMC 1
Dr Boudechicha Hiba Ryma	INATAA, UPMC 1
Dr Boughachiche Faiza	INATAA, UPMC 1
Dr Boughellout Halima	INATAA, UPMC 1
Dr Dridi Linda	INATAA, UPMC 1
Dr El Mechta Lamia	INATAA, UPMC 1
Dr El Hadeef El Okki Mohamed	INATAA, UPMC 1
Dr Hafid Kahina	INATAA, UPMC 1
Dr Hassani Lilia	INATAA, UPMC 1
Dr Herkati Amani	INATAA, UPMC 1
Dr Himed Louiza	INATAA, UPMC 1
Dr Kadi Hanane	INATAA, UPMC 1
Dr Karoune Rabia	INATAA, UPMC 1
Dr Maougal Rym Tinhinane	INATAA, UPMC 1
Mr Merazka Abdennour	INATAA, UPMC 1
Pr Oulamara Hayat	INATAA, UPMC 1
Dr Rachedi Kounouz	INATAA, UPMC 1
Dr Saadi Sami	INATAA, UPMC 1
Dr Touati Djamila	INATAA, UPMC 1
Dr Yagoubi Lynd	INATAA, UPMC 1
Dr Zerizer Habiba	INATAA, UPMC 1

Production Team

Dr Aggoun Moufida	INATAA, UPMC 1
Dr Ait Kaki Amel	INATAA, UPMC 1
Dr Bencharif-Betina Soumia	INATAA, UPMC 1
Dr Bensalem Adel	INATAA, UPMC 1
Dr Benyahia-Krid Ferial	INATAA, UPMC 1
Dr Boughachiche Faiza	INATAA, UPMC 1
Dr Boukhezar Rafik	INATAA, UPMC 1
Dr Bouldjadj Ikram	INATAA, UPMC 1
Dr Rachedi Kounouz	INATAA, UPMC 1
Dr Zerizer Habiba	INATAA, UPMC 1

Contents

Effects of extraction speed, sample/solvent ratio and extraction time on the extraction of anthocyanins from strawberries

pages 1-5

Benchikh Y., Allouch R., Aissaoui A.

Evaluation des apports nutritionnels d'une population d'adultes algériens atteints de la maladie cœliaque

pages 6-12

Bouasla A., Bekkouche S.

Produits carnés traditionnels : caractérisation physicochimique et microbiologiques d'El-Guedid Algérien à partir de viande : ovine, bovine, caprine et cameline

pages 13-18

Bader R., Becila S., Talon R., Leroy S.

Effects of extraction speed, sample/solvent ratio and extraction time on the extraction of anthocyanins from strawberries

Benchikh Y.^{1,2*}, Allouch R.¹, Aissaoui A.¹

¹ Laboratoire de Biotechnologie et Qualité des Aliments (BIOQUAL), Institut de la Nutrition, de l'Alimentation et de Technologies Agro-alimentaires (INATAA), Université Frères Mentouri Constantine 1 (Algeria)

² Laboratoire de Biochimie Appliquée, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université de Bejaia (Algeria)

Abstract The main objective of our work is to study the effects of extraction speed, sample/solvent ratio and extraction duration on the extraction of anthocyanins from strawberries using sequential methodology. The effects of extraction speed (400-1000 rpm), sample/solvent ratio (0.25/40 to 6/40 g/mL) and extraction time (1-45 min) on total anthocyanin content (TAC) and antiradical activity (AA) were investigated. Experimental results showed that all examined parameters had statistically significant ($p < 0.05$) the effects on TAC and AA. The best extraction conditions were 600 rpm, 1 g/40 mL and at just 5 min with values of 15.59 mg C-3-GE/100 g FW and 7.78 mg AAE/100 g FW, for TAC and AA, respectively. These anthocyanins can be served as healthier natural antioxidant colorant additives in food industries.

Keywords Strawberry, Extraction conditions, Optimisation, Anthocyanins, Antioxidant activity, Antioxidant colorants

Introduction

Strawberry fruits known as among the best appreciated and consumed fruits around the world, and according to the statistical data of FAOSTAT (2020), the worldwide production of strawberries has exceeded 11.3 Million tons in 2018. These fruits were not only destined for human consumption, but due to their high perishable propriety, they were oriented to the transformation food industries. So, this high production leads the industrials to promote technological techniques in order to transform them into different food products like jams, juices, and compotes. However, other functional constituents can be extracted and separated to be used as natural food additives that have been shown to be healthier than the synthetic ones. Anthocyanins of strawberry fruits are the most abundant phenolic compounds that are responsible for the visual appearance of the fruits. These functional compounds have demonstrated the highest biological properties as cardiovascular diseases, cancers, and type II diabetes prevention (Huang *et al.*, 2013; Karaaslan and Yaman, 2017; Silva *et al.*, 2017; Benchikh, *et al.*, 2021a). However, to extract these compounds, it is essential to follow a first methodology known as sequential methodology prior to response surface methodology. Indeed, it consists in independently assessing the effect of studied factors on the anthocyanins extraction one by one without interaction effects between them.

This step allows scientists to know the role of each factor if it influences or not the extraction. As reported by many studies, several factors can influence the extraction of anthocyanins extraction; Indeed, these factors can affect for example the color stability of the extracted compounds, and their structure-function, we can cite the temperature, extraction time, and sample/solvent ratio (Ju and Howard, 2003; Türker and Erdoğan, 2006; Karaaslan and Yaman, 2017; Alexandre *et al.*, 2020). Moreover, consumers' awareness has been raising these last years; people tend to consume healthier foods after realizing that the products based on synthetic additives are harmful. Many scientists have an increasing interest in promoting ways that would benefit consumers with robust health by substituting several harmful compounds with healthier ones (de Fornasari and dos Santos Sens, 2017; Benchikh *et al.*, 2021a; Benchikh *et al.*, 2021b; Fernandes *et al.*, 2020).

As the objective of the present study, we would like to optimise the extraction parameters of anthocyanins from strawberries, by assessing independently the effects of selected parameters before proceeding to response surface methodology.

Material and methods

Chemical reagents

Sodium acetate and potassium chloride were from Biochem, Chemopharma (Cosne-sur-loire, France); 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) was from Sigma Chemical (Sigma-Aldrich GmbH, Germany); ascorbic acid and hydrochloric acid were from Sigma-Aldrich (St. Louis, USA).

* Corresponding author:

Benchikh Yassine

Email address: yassine.benchikh@umc.edu.dz

INATAA, UFMCI

7° Km Route de Sétif, RN 5, 25000 Constantine (Algeria)

Sample preparation

Strawberry fruits (*Fragaria ananassa* Duch.) were collected from Jijel province (Algeria) on April 12, 2019. They were immediately transported to the laboratory under cooling conditions. After washing them with running water, then with distilled water, fruits were intersected, and the peduncles were taken away. After that, the cut fruits were mashed to obtain a strawberry mash that would serve as fresh samples for study.

Extraction procedure

The extraction of anthocyanins from strawberries was performed following sequential methodology. Therefore, only the overall extraction procedure was detailed in the hereby section. Briefly, an aliquot of strawberries mash (0.25 to 6 g) was put in a container where 85% HCl-water was prepared herein. The mixture was stirred at varied extraction speeds ranging from 400 to 1000 rpm (AGIMATIC-S, P-SELECTA, Spain) during different times (1 to 45 min). The stirred sample was then subjected for centrifugation (Sigma 2-16 P-Centrifuge, Germany) at 2486 x g and filtered (13 µm, F1001, Chem, Barcelona, Spain).

Extraction parameters

Extraction speed. By fixing sample/solvent ratio at 1 g/40 mL and extraction time at 5 min, anthocyanins were extracted separately with extraction speeds of 400, 600, 800, and 1000 rpm.

Sample/solvent ratio. Using the best extraction speed found firstly, anthocyanins were extracted at varied sample/solvent ratios at 0.25/40, 0.5/40, 1/40, 2/40, 4/40, and 6/40 (g/mL), and the extraction time was set to 5 min.

Extraction time. Anthocyanins were extracted by using the best extraction speed and sample/solvent ratio set previously. The extracts were prepared at different extraction times of 1, 5, 15, 30, and 45 min at 25°C. The best extraction conditions were selected according to the values of two studied responses, TAC and AA.

Determination of total anthocyanin content

TAC determined in the present study was that described by Tonutare *et al.* (2014). Briefly, 1.5 mL of extract was poured to 2.5 mL of potassium chloride solution (0.025 M, pH=1) and to 2.5 mL of sodium acetate solution (1 M, pH=4.5). After 30 min, the absorbance of mixtures was read at 510 nm and 700 nm (Shimadzu, China). By using the Beer-Lambert equation, the equation 1 was developed, and then the TAC was expressed in milligram cyanindin-3-glucoside equivalent per 100 grams of fresh weight (mg C-3-GE/100 FW).

$$TAC = \frac{A_{sp} \times M \times DF \times 1000}{\epsilon \times L \times m} \quad (1)$$

where TAC is the total anthocyanin content expressed as mg C-3-GE/100 g FW, A_{sp} is the absorbance of sample ($A_{sp} = (A_{510nm} -$

$A_{700nm})_{pH1.0} - (A_{510nm} - A_{700nm})_{pH4.5}$), M is the molar weight of cyanindin-3-glucoside (449 g/mol), DF is the dilution factor, 1000 is the conversion factor, ϵ is the molar extinction coefficient of cyanindin-3-glucoside ($26900 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$), L is the cuvette optical pathlength (0.5 cm), and m is the weight of sample.

Evaluation of antiradical activity

AA was measured by free radical (DPPH) scavenging activity according to the method described by Brand-Williams *et al.* (1995). A volume of 100 µL of the extract was added to 1 mL of DPPH solution (60 mM). After 30 min of incubation in the darkness, the decrease in absorbance was determined at 517 nm. Ascorbic acid was used as a standard and the AA was expressed in milligram ascorbic acid equivalent per 100 grams of strawberry fruits fresh weight (mg AAE/100 g FW).

Statistical analyses

The analysis of the variance (ANOVA) at $p < 0.05$ was calculated using STATISTICA 5.5® in order to determine significant differences between the results. The correlation between TAC and AA for each parameter was described as Pearson correlation coefficient (r).

Results and discussion

Results showed that extraction speed have a significant effect ($p < 0.05$) on the extraction of anthocyanins from strawberries (table 1). The extraction speed at 600 rpm has allowed extracting the highest anthocyanin content and the extract has exhibited the highest AA with values of 15.58 mg C-3-GE/100 g FW and 7.75 mg AAE/100 g FW, respectively. The extraction speeds from 400 to 600 was proportionally increased with the evolution of TAC, however, beyond optimal extraction speed (600 rpm), the amount of anthocyanins decreased gradually ($p < 0.05$) from 600 to 1000 rpm, whereas, the free radical scavenging activity of extracts remained statistically stable after 600 rpm extraction speed.

TAC and AA affected by extraction speed were respectively classified in the following decreasing order: 600, 400, 800, and 1000 rpm with values of 15.58, 11.95, 11.59, 10.42, 10.01, and 9.19 mg C-3-GE/100 g FW, and 600, 800, 1000 (no significant effects ($p > 0.05$) were found between results of the three latter speeds), and 400 rpm with values of 7.75, 2.95, 2.93, and 2.90 mg AAE/100 g FW.

The increase and decrease of our results could be interpreted by: (1) the extraction efficiency of anthocyanins was not carried out under low extraction speeds, which followed by incomplete releasing and diminution of anthocyanins diffusion located in vacuoles of strawberries (Nicoué *et al.*, 2007), and (2), however, the adequate increasing of agitation promotes the well diffusion of anthocyanins in the extraction solvent. Nevertheless, the excess of agitation can cause the penetration of oxygen in the solvent inducing the oxidation and/or degradation of anthocyanins (Shi *et al.*, 2003; Benchikh *et al.*, 2021_b).

Table 1. Effects of studied extraction parameters on total anthocyanin content (TAC) and antiradical activity (AA)

Parameter	Var.	TAC ^a	AA ^b
Extraction speed (rpm)	400	13.20 ± 0.34b	2.80 ± 0.06b
	600	15.58 ± 0.13a	7.75 ± 0.04a
	800	11.72 ± 0.55c	2.93 ± 0.05a
	1000	10.00 ± 0.29d	2.90 ± 0.05a
Sample/solvent ratio (g/40 mL)	0.25	10.42 ± 0.50c	0.89 ± 0.03c
	0.50	11.07 ± 0.07b	2.85 ± 0.06d
	1.00	15.59 ± 0.12a	7.77 ± 0.02a
	2.00	11.40 ± 1.81bc	2.36 ± 0.07c
	4.00	10.30 ± 3.04d	1.14 ± 0.01d
	6.00	9.19 ± 1.56d	1.20 ± 0.01d
Extraction time (min)	1	10.22 ± 0.10c	2.85 ± 0.03d
	5	15.59 ± 0.15a	7.78 ± 0.03a
	15	12.16 ± 0.70b	6.87 ± 0.05b
	30	10.74 ± 1.25c	6.71 ± 0.03b
	45	10.38 ± 0.90c	5.46 ± 0.04c

Var. : variable

rpm : rotation per minute

^a TAC : total anthocyanin content (mg C-3-GE/100 g FW)

^b AA : antiradical activity (mg AAE/100 g FW)

Different letters represent significant difference between results at $p < 0.05$

As showed in table 1, sample/solvent ratio had significant effects ($p < 0.05$) on TAC and AA of anthocyanin extracts. The highest TAC was obtained with a ratio of 1 g/40 mL with 15.59 mg C-3-GE/100 g FW for TAC and 7.77 mg AAE/100 g FW for AA. TAC and AA increased proportionally with the increasing of sample/solvent ratio until 1 g/40 mL as optimal ratio, then these values decreased gradually and significantly ($p < 0.05$).

The results of sample/solvent ratio effects on the extraction of TAC were classified in the following decreasing order: 1/40, 0.5/40, 2/40 (no significant effect ($p > 0.05$) was found between the two latter ratios), 0.25/40, 4/40 and 6/40 g/mL (no significant effect ($p > 0.05$) was found between the two latter ratios), with values of 15.59, 11.95, 11.59, 10.42, 10.01 and 9.19 mg C-3-GE/100 g FW, respectively. However, little differences of decreasing order of antiradical activities affected by sample/solvent ratio were shown in the present study as follow: 1/40, 0.5/40, 2/40, 6/40, 4/40 and 0.25/40 g/mL (no significant effects ($p > 0.05$) were found between the three ratios), with values of 7.77, 2.85, 2.36, 1.20, 1.14 and 0.89 mg AAE/100 g FW, respectively.

Our results showed that the best sample/solvent ratio for extracting anthocyanins from strawberries was 1g/40 mL. This finding was consistent with the principals of the mass transferring matter. Indeed, the migration of solutes from particles to the extraction solvent follows the concentration gradient of solution, from the highest concentration to the lowest one (Tan *et al.*, 2011; Benchikh and Louailèche, 2014; Benchikh *et al.*, 2019). Therefore, in our case, the 1g/40 mL ratio is more suitable for the best transferring of strawberries

anthocyanins. Nevertheless, the reduction in extraction efficiency using the lowest ratio was due to the insufficient sample in the extraction solvent, and so the lowest interaction between them (Benchikh *et al.*, 2014; Saci *et al.*, 2018).

Contrariwise, when the sample/solvent ratio was higher than 1g/40mL, the extraction efficiency decreases gradually and the extraction is becoming incomplete due to the saturation of the extraction solvent.

Extraction time had statistically significant effects ($p < 0.05$) on TAC and AA of strawberry extracts. As shown in table 1, TAC and AA increased from 1 to 5 min with the highest values of 15.60 mg C-3-GE/100 g FW for TAC, and 7.78 mg AAE/100 g FW for AA. After 5 min, the values decreased significantly ($p < 0.05$) with significant stagnation ($p > 0.05$) of values from 30 to 45 min for TAC and from 15 to 30 min for AA.

The results of extraction time effects on the extraction of TAC were classified in the following decreasing order: 5, 15, 30 (no significant effect ($p > 0.05$) was found between the two latter extraction times), 45, and 1 min (no significant effect ($p > 0.05$) was found between the three latter extraction times), with values of 15.60, 12.15, 10.47, 10.38, and 10.22 mg C-3-GE/100 g FW, respectively. However, little difference of decreasing order of antioxidant activities affected by extraction time were shown in the present study as follow: 5, 15, 30 (no significant effect ($p > 0.05$) was found between the two latter extraction times), 45, and 1 min, with values of 7.78, 6.87, 6.71, 5.46 and 2.85 mg AAE/100 g FW, respectively.

The results showed a significant effect ($p < 0.05$) of extraction time on anthocyanin content and AA of the extract. Indeed, the values were increased for extraction time from 1 to 5 min, and after that time, the TAC decreased. This decreasing is probably caused by the oxidation and/or degradation of anthocyanins by light and/or oxygen when the extraction time is excessively prolonged (Chan *et al.*, 2009; Benchikh *et al.*, 2021_a). Indeed, the second law of Fick explains our results by the fact that after a certain time, it carries out an equilibrium between the solute concentration in the sample particles and in the extraction solvent (outside particles), and beyond this optimal ratio, never the solute migrate from the inside to the outside of sample particles (Silva *et al.*, 2007). Hence, excessive extra-ction time was not useful to extract more anthocyanins from strawberries. On the other hand, if the time of extraction is lowest, the releasing of anthocyanins from sample will not be well occurring (Kalt and Dufour, 1997).

Correlation analyses (table 2) showed that the TAC was positively correlated with antioxidant activity for each parameter. Very significant correlation ($p < 0.01$) was recorded between TAC and AA for extraction speed parameter, with Pearson correlation coefficient of 0.62. Moreover, extremely significant correlations ($p < 0.001$) were obtained between results of TAC and AA for sample/solvent ratio and extraction time, with Pearson

Table 2. Correlation between total anthocyanin content and antioxidant activity for each extraction parameter

Correlation	Extraction speed	Sample/solvent ratio	Extraction time
TAC-AA	0.92	0.62	0.71
Equation	$y = 0.14x - 1.15$	$y = 0.74x - 6.16$	$y = 0.44x + 0.69$
r	0.001	0.01	0.001
P	***	**	***

TAC: total anthocyanin content (mg C-3-GE/100 g FW),

AA: antiradical activity (mg AAE/100 g FW),

r: correlation coefficient,

** $p < 0.01$: significant correlation,

*** $p < 0.001$: extremely significant correlation.

correlation coefficients of 0.92 and 0.71, respectively. These correlations demonstrated that the anthocyanins are belonging to bioactive compounds in strawberries that can exhibit the AA as evaluated by DPPH free radical scavenging activity in the present study. This is mainly explained by the high reactivity of these compounds toward oxidative agents.

Conclusion

Optimisation of sample preparation is essential for an accurate quantitative determination of anthocyanins. This is the first report that investigates the effect of extraction speed on anthocyanins extraction from strawberries using sequential methodology. The results from the present work showed that all experimental parameters explored had statistically significant ($p < 0.05$) effects. The most efficient extraction conditions were as follows: extraction speed 600 rpm, sample/solvent ratio 1 g/40 mL, and extraction contact time 5 min. Moreover, very significant correlations were recorded between TAC and antioxidant activities for each parameter. Strawberries are a good source of functional anthocyanins, which could replace synthetic antioxidants and colorants in food industries and play a major role in human health as functional food constituents.

Acknowledgements

The authors acknowledge the financial support from Direction Générale de la Recherche Scientifique et du Développement Technologique (DGRSDT, Algeria). They further convey special thanks to Mr. Sid Ali Lamari for his valuable help by checking the grammar of the manuscript.

References

- Alexandre, A. M. R. C., Serra, A. T., Matias, A. A., Duarte, C. M. M., Bronze, M. R. 2020. Supercritical fluid extraction of *Arbutus unedo* distillate residues – Impact of process conditions on antiproliferative response of extracts. *Journal of CO₂ Utilization*, 37, 29-38.
- Benchikh, Y., Aissaoui, A., Allouch, R., Mohellebi, N. 2021a. Optimising anthocyanin extraction from strawberry fruits using response surface methodology and application in yoghurt as natural colorants and antioxidants. *Journal of Food Science and Technology*, 58(5), 1987-1995.
- Benchikh, Y., Filali, A., Rebai, S. 2021b. Modeling and optimizing the phycocyanins extraction from *Arthrospira platensis* (Spirulina) algae and preliminary supplementation assays in soft beverage as natural colorants and antioxidants. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(2) e15170.
- Benchikh, Y., Louailèche, H. 2014. Effects of extraction conditions on the recovery of phenolic compounds and in vitro antioxidant activity of carob (*Ceratonia siliqua* L.) pulp. *Acta Botanica Gallica*, 161(2), 175-181.
- Benchikh, Y., Louaileche, H., George, B., Merlin, A. 2014. Changes in bioactive phytochemical content and in vitro antioxidant activity of carob (*Ceratonia siliqua* L.) as influenced by fruit ripening. *Industrial Crops and Products*, 60, 298-303.
- Benchikh, Y., Zaoui, A., Derbal, R., Bachir bey, M., Louaileche, H. 2019. Optimisation of extraction conditions of phenolic compounds and antioxidant activity of *Ruta chalepensis* L. using response surface methodology. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 13(1), 883-891.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., Berset, C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*, 28(1), 25-30.
- Chan, S. W., Lee, C. Y., Yap, C. F., Aida, W. W., Ho, C. W. 2009. Optimisation of extraction conditions for phenolic compounds from limau purut (*Citrus hystrix*) peels. *Translational Lung Cancer Research*, 16(2), 203-213.
- de Fornasari, M. L. L., dos Santos Sens, Y. A. 2017. Replacing Phosphorus-Containing Food Additives With Foods Without Additives Reduces Phosphatemia in End-Stage Renal Disease Patients: A Randomized Clinical Trial. *Journal of Renal Nutrition*, 27(2), 97-105.
- FAOSTAT 2020. Production data of straw-berries. Accessed January 20, 2021, at the following link: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
- Fernandes, A. S., Nass, P. P., Oliveira, Á., Zepka, L. Q. 2020. Chlorophylls as Food Additives. In E. Jacob-Lopes, M. I. Queiroz, & L. Q. Zepka (Éds.)
- Pigments from Microalgae Handbook (pp. 391-420). Cham: Springer International Publishing.
- Huang, H.-W., Hsu, C.-P., Yang, B. B., Wang, C.-Y. 2013. Advances in the extraction of natural ingredients by high pressure extraction technology. *Trends in Food Science & Technology*, 33(1), 54-62.
- Ju, Z. Y., Howard, L. R. 2003. Effects of Solvent and Temperature on Pressurized Liquid Extraction of Anthocyanins and Total Phenolics from Dried Red Grape Skin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(18), 5207-5213.
- Kalt, W., Dufour, D. 1997. Health functionality of blueberries. *Hort Technology*, 7(3), 216-221.
- Karaaslan, N. M., Yaman, M. 2017. Anthocyanin profile of strawberry fruit as affected by extraction conditions. *International Journal of Food Properties*, 20(sup3), S2313-S2322.
- Nicoué, E. É., Savard, S., Belkacemi, K. 2007. Anthocyanins in wild blueberries of Quebec: Extraction and identification. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(14), 5626-5635.
- Saci, F., Benchikh, Y., Louaileche, H., Bachir bey, M. 2018. Optimization of ultrasound-assisted extraction of phenolic

- compounds and antioxidant activity of carob pulp (*Ceratonia siliqua* L.) using response surface methodology. *The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati: Fascicle VI-Food Technology*, 42(1):26-39.
- Shi, J., Yu, J., Pohorly, J., Young, J. C., Bryan, M., Wu, Y. 2003. Optimization of the extraction of polyphenols from grape seed meal by aqueous ethanol solution. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 1(2), 42-47.
- Silva, S., Costa, E. M., Calhau, C., Morais, R. M., Pintado, M. E. 2017. Anthocyanin extraction from plant tissues: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(14), 3072-3083.
- Tan, P. W., Tan, C. P., Ho, C. W. 2011. Antioxidant properties: Effects of solid-to-solvent ratio on antioxidant compounds and capacities of Pegaga (*Centella asiatica*). *International Food Research Journal*, 18(2), 557-562.
- Tonutare, T., Moor, U., Szajdak, L. 2014. Strawberry anthocyanin determination by pH differential spectroscopic method – how to get true results? *Acta Scientiarum Polonorum*, 13(3), 35-47.
- Türker, N., Erdoğan, F. 2006. Effects of pH and temperature of extraction medium on effective diffusion coefficient of anthocyanin pigments of black carrot (*Daucus carota* var. L.). *Journal of Food Engineering*, 76(4), 579-583.

Evaluation des apports nutritionnels d'une population d'adultes algériens atteints de la maladie cœliaque

Bouasla Abdallah^{1*}, Bekkouche Somia²

¹ Laboratoire de Génie Agro-Alimentaire (GENIAAL), Institut de la Nutrition, de l'Alimentation et des Technologies Agro-Alimentaires (INATAA), Université Frères Mentouri Constantine 1, Constantine, Algeria

² INATAA, Université Frères Mentouri Constantine 1, Constantine, Algeria

Résumé Le seul traitement de la maladie cœliaque est le suivi à vie du régime sans gluten. Cependant, ce régime peut engendrer un déséquilibre nutritionnel éventuel entraînant un effet négatif potentiel sur la santé du patient. L'objectif de la présente étude est d'évaluer les apports nutritionnels d'une population d'adultes algériens atteints de la maladie cœliaque. Une étude transversale a été réalisée auprès de 32 patients cœliaques (13 hommes et 19 femmes, âge moyen de $26,3 \pm 7,7$ ans). Les apports nutritionnels ont été recueillis à l'aide d'un rappel alimentaire de 24 heures. Les résultats ont montré que les apports moyens en énergie et en certains micronutriments (calcium, magnésium, fer, zinc, vitamines B1, B6, B9, C et D) étaient plus faibles que les recommandations. Au contraire, les apports moyens d'autres nutriments (cholestérol, phosphore, vitamine B12 et sodium) étaient conformes aux recommandations. Les patients ont consommé en moyenne plus d'énergie sous forme de glucides (en particulier les sucres simples) et de protéines et moins sous forme de lipides que recommandé. Notre étude met en évidence des apports nutritionnels inadéquats chez les adultes atteints de la maladie cœliaque. Sur la base de nos résultats, un suivi régulier des patients cœliaques ainsi que des conseils diététiques, semblent nécessaires pour prévenir la malnutrition et atteindre une alimentation équilibrée chez ces sujets nécessitant un traitement diététique à vie.

Mots clés Maladie cœliaque, régime sans gluten, apport nutritionnel, adultes

Abstract The only treatment for celiac disease is lifelong adherence to gluten-free diet. However, this diet may lead to possible nutrient unbalance resulting in potential negative effect on the patient's health. The aim of the present study is to assess the nutrients intakes of a population of Algerian adults with celiac disease. A cross-sectional study was carried out on 32 celiac patients (13 men and 19 women, mean age of 26.3 ± 7.7 years). Food intakes were collected using a 24-hour dietary recall. The results showed that the average intakes of energy and some micronutrients (calcium, magnesium, iron, zinc, vitamins B1, B6, B9, C and D) were lower than the recommendations. In contrast, the average intakes of other nutrients (cholesterol, phosphorus, vitamin B12 and sodium) were within recommendations. Patients consumed on average more energy in the form of carbohydrates (especially simple sugars) and protein and less in the form of fat than recommended. Our study highlights inadequate nutrients intakes in adults with celiac disease. Based on our results, regular follow-up of celiac patients as well as dietary advice seems necessary to prevent malnutrition and achieve a balanced diet for these subjects requiring lifelong dietary treatment.

Keywords Celiac disease, gluten-free diet, nutrients intake, adults

Introduction

La maladie cœliaque est une entéropathie chronique à médiation immunitaire causée par la consommation du gluten chez les individus génétiquement prédisposés (Ludvigson *et al.*, 2013). La prévalence de la maladie est encore méconnue en Algérie, mais dans le monde elle est en augmentation et plusieurs études ont rapporté une prévalence autour ou plus de 1%, ce qui classe la maladie cœliaque parmi les troubles digestifs chroniques les plus fréquents (Singh *et al.*, 2018 ; Ludvigson *et al.*, 2019).

De nos jours, le seul traitement de la maladie cœliaque est l'adhésion stricte et permanente à un régime sans gluten qui favorise, chez la majorité des patients, la guérison des intestins et le soulagement des symptômes et prévient généralement les complications de la maladie. Un régime sans gluten est caractérisé par une combinaison d'aliments naturels sans gluten avec des substituts sans gluten pour les aliments à base de céréales (Morreale *et al.*, 2018).

Malgré les bienfaits du régime sans gluten, il n'est pas toujours simple pour le patient de suivre strictement son régime et de faire les bons choix nutritionnels (Rubio-Tapia *et al.*, 2013). De plus, différentes études ont montré que le régime sans gluten peut contribuer

* Corresponding author:

Bouasla Abdallah

Email address: abdallah.bouasla@umc.edu.dz

INATAA, UFMCI

7^e Km Route de Sétif, RN 5, 25000 Constantine (Algeria)

à la consommation d'une alimentation déséquilibrée sur le plan nutritionnel, entraînant d'éventuelles malnutritions en carence (tels que les fibres et certains minéraux et vitamines) ou en excès (tels que des graisses saturées) (Theethira *et al.*, 2014 ; Vici *et al.*, 2016 ; Rondanelli *et al.*, 2019).

À la connaissance des auteurs, aucune étude n'est disponible sur l'adéquation nutritionnelle du régime sans gluten des patients cœliaques algériens. L'objectif de notre étude est donc d'évaluer les apports en énergie en en nutriments d'une population d'adultes algériens atteints de la maladie cœliaque.

Matériel et méthodes

Population d'étude

Une enquête transversale descriptive a été réalisée auprès de 32 patients cœliaques qui présentaient les critères d'inclusion suivants : maladie cœliaque confirmée, âge de 18 ans et plus, suivi du régime sans gluten pendant 6 mois ou plus, et les femmes ne soient pas enceintes ni allaitantes. Seuls les patients ayant donné leur consentement étaient interrogés.

L'enquête s'est déroulée du 5 mars au 14 mai 2019 au niveau de l'établissement hospitalier spécialisé Sidi Mabrouk, Constantine (Est de l'Algérie).

Estimation des apports journaliers

Les apports alimentaires ont été estimés en utilisant un rappel alimentaire de 24 heures basé sur l'enregistrement de la consommation alimentaire totale sur une journée.

Il a été demandé aux patients de mentionner l'ensemble des aliments et des boissons qu'ils consommaient la veille. Les quantités des aliments consommés ont été estimées en utilisant soit un carnet photos (SUVIMAX, 1994) soit des unités ménagères (assiette, bol, verre, cuillère, *etc.*).

Les quantités d'aliments ainsi obtenus ont été converties en quantités de nutriments à l'aide de tables de composition des aliments (FAO, 1970 ; Feinberg *et al.*, 1991 ; CIQUAL, 2016) en utilisant un classeur de plusieurs feuilles du logiciel Excel conçu spécialement à cet effet (Tebani *et al.*, 2019).

Dans le cas des aliments commerciaux sans gluten, il a été demandé aux sujets de donner précisément le nom du fabricant pour évaluer leurs compositions nutritionnelles sur la base des informations inscrites sur l'emballage.

Analyse statistique

L'analyse statistique des données a été réalisée à l'aide du logiciel IBM Statistics SPSS, version 20. Nous avons utilisé le test-t de Student pour la comparaison entre les apports moyens en énergie et en nutriments entre les deux genres. Le seuil de significativité a été fixé à 0,05.

Résultats

Caractéristiques des patients

La population de notre étude est constituée de 13 hommes (40,4 %) et 19 femmes (59,4 %). L'âge des patients varie de 18 à 50 ans (âge moyen de $26,3 \pm 7,7$ ans) dont la plupart des patients (71,9 %) sont âgés entre 18 et 30 ans (tableau 1).

Apports alimentaires des patients

Les apports énergétiques et en nutriments en fonction du genre sont présentés dans le tableau 2. Aucune différence significative n'a été trouvée entre les hommes et les femmes pour l'apport énergétique ($1975,3 \pm 457,2$ kcal/j et $1905,4 \pm 627,2$ kcal/j pour les hommes et les femmes respectivement). La contribution en pourcentage des macronutriments (glucides, lipides et protéines) à l'apport énergétique dans le régime alimentaire des hommes était similaire à celle des femmes ($p > 0,05$) avec une contribution moyenne de $58,9 \pm 10,6$ %, $23,6 \pm 9,8$ % et $17,6 \pm 3,8$ % pour les glucides, les lipides et les protéines respectivement.

Concernant l'apport en macronutriments, en sels minéraux et oligoéléments, aucune différence significative n'a été constatée quel que soit le sexe.

Pour l'apport en vitamines, les hommes avaient un apport en vitamine B9 supérieur à celui des femmes ($p < 0,05$). Pour les autres vitamines, aucune différence n'a été observée.

La majorité des patients (entre 59,4 et 96,9 %) n'ont pas atteints les ANC en énergie, en fibres, en minéraux et en vitamines (tableau 3). La seule exception a été notée pour l'apport en phosphore qui a été atteint par la plupart des patients (65,6 %).

Les Fig. 1 et Fig. 2 fournissent des données sur l'apport en minéraux et en vitamines, exprimé en pourcentage d'adhésion aux ANC. Nous avons observé un apport en magnésium et en vitamine D extrêmement faible, atteignant respectivement moins de 40 % et moins de 30 % de l'apport recommandé. A l'exception des apports en phosphore et en vitamine B12, les apports de tous les autres minéraux et vitamines étaient insuffisants (entre 60,6 et 78,5 % de l'ANC).

Discussion

L'objectif de notre étude est d'évaluer les apports en énergie en en nutriments d'une population d'adultes cœliaques algériens. À notre connaissance, notre étude est la première à présenter des données sur les apports alimentaires chez les patients cœliaques adultes

Tableau 1. Identification des patients

	n (%)
Genre	
Hommes	13 (40,4)
Femmes	19 (59,4)
Age (années)	
[18 – 30]	23 (71,9)
[31 – 40]	7 (21,9)
> 40	2 (6,2)

Tableau 2. Apports moyens en énergie et en nutriments en fonction du genre

	Hommes	Femmes	Total	ANC	
				Hommes	Femmes
Energie (kcal/j)	1975,3 ± 457,2	1905,4 ± 627,2	1933,8 ± 557,3	2700 ^a	2500 ^a
Glucides (%)	61,7 ± 8,5	56,9 ± 11,5	58,9 ± 10,6	50 – 55 ^a	
Lipides (%)	20,2 ± 7,9	25,8 ± 10,4	23,6 ± 9,8	30 – 35 ^a	
Protéines (%)	18,1 ± 3,0	17,3 ± 4,3	17,6 ± 3,8	11 – 15 ^a	
Glucides (g/j)	308,6 ± 93,0	270,4 ± 96,5	285,9 ± 95,5	/	
Sucres simples (g/j)	61,4 ± 25,0	70,8 ± 24,9	67,0 ± 25,0	< 10% AG ^a	
Fibres (g/j)	15,0 ± 6,3	12,5 ± 7,8	13,5 ± 7,2	30 ^b	
Lipides (g/j)	43,2 ± 15,6	55,7 ± 33,4	50,6 ± 28,0	/	
AGS (g/j)	17,5 ± 8,1	20,8 ± 11,0	19,5 ± 9,9	/	
AGMI (g/j)	14,5 ± 5,1	18,6 ± 13,8	16,9 ± 11,1	/	
AGPI (g/j)	6,3 ± 6,0	10,3 ± 9,5	8,7 ± 8,4	/	
Cholestérol (mg/j)	183,6 ± 98,5	211,0 ± 94	199,8 ± 95,6	< 300 ^a	
Protéines (g/j)	88,0 ± 18,6	80,6 ± 25,8	83,6 ± 23,1	/	
Protéines (g/kg/j)	2,0 ± 1,0	1,7 ± 1,1	1,8 ± 1,1	0,8 ^c	
Ca (mg/j)	680,2 ± 243,0	561,4 ± 287,3	609,7 ± 272,6	900 ^a	
P (mg/j)	865,1 ± 207,9	926,8 ± 446,7	901,7 ± 365,4	750 ^a	
Mg (mg/j)	212,9 ± 46,8	193,2 ± 100,1	201,2 ± 83,1	420 ^a	360 ^a
Fe (mg/j)	8,8 ± 1,8	7,1 ± 3,5	7,7 ± 3,0	9 ^a	16 ^a
Zn (mg/j)	6,6 ± 2,3	6,4 ± 3,7	6,5 ± 3,2	12 ^a	10 ^a
Na (g/j)	1,2 ± 0,52	1,2 ± 1,0	1,2 ± 1,0	< 2 ^d	
Vitamine B1 (mg/j)	0,7 ± 0,2	0,8 ± 0,4	0,7 ± 0,3	1,3 ^a	1,1 ^a
Vitamine B6 (mg/j)	1,3 ± 0,5	1,1 ± 0,6	1,2 ± 0,5	1,6 ^a	1,5 ^a
Vitamine B9 (µg/j)	323,3 ± 151,3*	195,4 ± 105,2	247,3 ± 139,1	330 ^a	300 ^a
Vitamine B12 (µg/j)	2,3 ± 1,9	2,5 ± 1,9	2,4 ± 1,9		2,4 ^a
Vitamine C (g/j)	65,2 ± 34,4	80,9 ± 52,2	74,5 ± 45,8	110 ^a	
Vitamine D (µg/j)	1,7 ± 3,7	1,3 ± 2,5	1,5 ± 3,0	5 ^a	

^a Martin (2001) ; ^b Lairon et al. (2001) ; ^c FAO/OMS (1986) ; ^d OMS (2012) ;

ANC : apport nutritionnel conseillé ; AG : apport glucidique ; * différence significative (p < 0,05).

algériens. Ainsi, nous n'avons pas de données d'autres enquêtes nationales pour comparer.

Les résultats alimentaires globaux ont démontré que les apports alimentaires ne différaient pas entre les hommes et les femmes en termes d'apports de macro et micronutriments.

La plupart des patients (87,5 %) ne sont pas arrivés à atteindre les ANC en énergie (2700 kcal/j et 2500 kcal/j pour les hommes et les femmes respectivement) (Martin, 2001). L'apport moyen en énergie (1933,8 ± 557,3 kcal/j) ne dépassait pas 2000 kcal/j pour les deux genres. Cependant, l'apport moyen en énergie était supérieur à celui rapporté pour une population saine d'adultes algériens (1704,9 ± 381,5 kcal/j) âgés entre 18 et 25 ans (Bencharif et al., 2017). En effet, l'apport énergétique élevé des patients cœliaques est l'une des inadéquations

nutritionnelles courantes dans le régime sans gluten (Vici et al., 2016).

Le pourcentage d'énergie provenant des glucides de la plupart des patients (71,9 %) était supérieur à l'intervalle recommandé (50 à 55 %) (Martin, 2001). La même constatation a été notée pour le pourcentage des protéines dans de l'apport énergétique qui a dépassé les ANC (11 à 15 %) (Martin, 2001) chez deux tiers des patients. Cela peut être expliqué par le fait que les patients qui suivent un régime sans gluten doivent nécessairement exclure les aliments contenant du gluten, cette restriction peut conduire à un choix inadéquat et à une préférence pour les aliments riches en protéines (García-Manzanares and Lucendo, 2011) qui sont considérés très satiétogènes (Mikkelsen et al., 2000). Au contraire, la contribution des lipides dans l'apport énergétique total était inférieure aux ANC (30 à 35 %) (Martin, 2001) pour la plupart des patients (84,4 %). Néanmoins, l'apport minimal recommandé (> 15 % de l'apport énergétique) (Jequier, 1999) était atteint par plus de trois quarts des patients (78,1 %). Pour la plupart des adultes, cet apport minimal est nécessaire pour couvrir les besoins en acides gras essentiels et pour assurer l'absorption intestinale des vitamines liposolubles (Jequier, 1999).

L'apport moyen en glucides totaux était de 285,9 ± 95,5 g/j. Cet apport est supérieur à celui rapporté pour des adultes algériens sains (249,4 ± 57,9 g/j) (Bencharif et al., 2017). En outre, la qualité des glucides était caractérisée par un apport élevé en saccharose qui représentait 25,7 % de l'apport en glucides totaux. Ce chiffre dépassait largement les recommandations (moins

Tableau 3. Nombre (%) de patients cœliaques n'ayant pas atteint les niveaux d'apport recommandés pour l'énergie et certains nutriments

	Total (n = 32)
Energie	28 (87,5)
Fibres	31 (96,9)
Ca	30 (93,8)
P	11 (34,4)
Mg	31 (96,9)
Fe	26 (81,3)
Zn	28 (87,5)
B1	29 (90,6)
B6	28 (87,5)
B9	24 (75,0)
B12	19 (59,4)
Vitamine C	25 (78,1)
Vitamine D	30 (93,8)

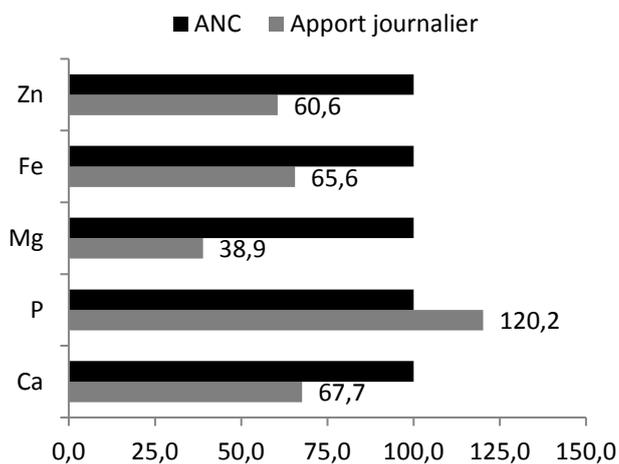


Figure 1. Contribution en pourcentage des apports journaliers en minéraux aux ANC

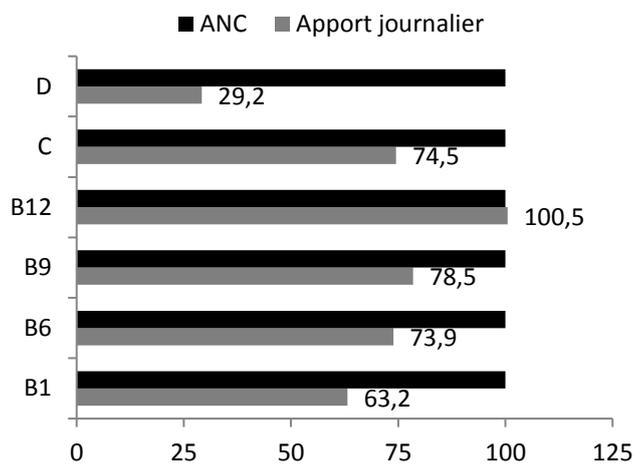


Figure 2. Contribution en pourcentage des apports journaliers en vitamines aux ANC

de 10 % de l'apport glucidique) (Martin, 2001) chez presque tous les patients (93,8 %). Cet apport élevé en sucres simples dans l'alimentation des patients cœliaques a également été rapporté dans des études antérieures (Zuccotti *et al.*, 2013 ; Samasca *et al.*, 2014 ; Fernández *et al.*, 2019).

Presque tous les patients (96,9 %) avaient des apports en fibres qui n'atteignaient pas les apports recommandés (30 g/j) (Lairon *et al.*, 2001). L'apport moyen en fibres ($13,5 \pm 7,2$ g/j) était plus faible que celui rapporté pour des adultes algériens sains ($15,8 \pm 7,2$ g/j) (Bencharif *et al.*, 2017). Cela est en accord avec des études antérieures qui ont montré qu'un régime sans gluten entraîne une réduction de l'apport en fibres (Kemppainen *et al.*, 1995 ; Grehn *et al.*, 2001 ; Thompson *et al.*, 2005 ; Wild *et al.*, 2010 ; Martin *et al.*, 2013). La déficience en fibres pourrait être liée à la mauvaise qualité des produits sans gluten, au choix des patients et, bien sûr, à l'évitement de plusieurs types d'aliments naturellement riches en fibres. Par ailleurs, les produits sans gluten sont généralement fabriqués avec des amidons et/ou des farines raffinées caractérisés par une faible teneur en fibres (Vici *et al.*, 2016). Cependant, ces dernières années, les fabricants de produits sans gluten ont mis au point des gammes de pains et de mélanges de farine riches en fibres (Dall'Asta *et al.*, 2012). En effet, une quantité adéquate de fibres dans l'alimentation est liée à des avantages potentiels pour la santé. Les fibres ont un rôle important dans la prévention de l'obésité, du diabète, des maladies cardiovasculaires et de divers cancers (Nishida *et al.*, 2004).

Les apports en acides gras saturés, acides gras monoinsaturés et acides gras polyinsaturés doivent être un tiers chacun de l'apport en lipides totaux (Martin, 2001). L'apport en acides gras saturés était le plus élevé quel que soit le genre. La même observation a été notée pour des adultes algériens sains (Bencharif *et al.*, 2017) et pour des patients cœliaques (Vici *et al.*, 2016). Un excès d'apport d'acides gras saturés favorise l'hypercholestérolémie et la survenue de maladies cardiovasculaires (Martin, 2001). Au contraire, l'apport

moyen en cholestérol ($199,8 \pm 95,6$ mg/j) était satisfaisant et ne dépassait pas les recommandations (300 mg/j) (Martin, 2001). Néanmoins, nous avons noté que 3 patients (9,4 %) dépassaient les ANC en cholestérol. Nos chiffres étaient légèrement inférieurs à ceux rapportés pour des jeunes adultes algériens sains ($215,1 \pm 126,4$ mg/j) (Bencharif *et al.*, 2017).

L'ANC en protéines est de 0,8 g/kg/j (FAO/OMS, 1986). Pour les deux genres, l'apport moyen en protéines ($1,8 \pm 1,1$ g/kg/j) était conforme aux recommandations pour la majorité des patients (93,8 %). Cependant, l'apport moyen en protéines des patients cœliaques ($83,6 \pm 23,1$ g/j) était supérieur à celui rapporté pour une population saine de jeunes adultes algériens ($58,6 \pm 17,7$ g/j) (Bencharif *et al.*, 2017). Des études antérieures ont aussi rapporté un apport élevé en protéines chez les patients cœliaques (Mariani *et al.*, 1998 ; Fernández *et al.*, 2019). Pour ce qui est des minéraux, quel que soit le genre, l'ANC en calcium pour un adulte est de 900 mg/j (Martin, 2001). Dans notre étude l'apport moyen en calcium ($609,7 \pm 272,6$ mg/j) était, chez presque tous les patients (93,8 %), inférieur aux recommandations et à celui rapporté pour des jeunes adultes algériens sains ($618,9 \pm 176,8$ mg/j) (Bencharif *et al.*, 2017). En effet, Theethira *et al.* (2014) ont rapporté que plus de 50 % des patients cœliaques consomment moins que l'apport quotidien recommandé en calcium. Ce résultat est particulièrement inquiétant pour les patients cœliaques qui ont souvent une faible densité minérale osseuse lorsque la maladie cœliaque est diagnostiquée (Mariani *et al.*, 1998 ; Farrell and Kelley, 2002 ; Capriles and Martini, 2009), de sorte qu'un faible apport en calcium pourra avoir un impact encore plus grave sur ces patients.

L'ANC en phosphore est estimé à 750 mg/j pour les adultes (Martin, 2001). Pour les deux genres cet apport a été dépassé ($865,1 \pm 207,9$ mg/j et $926,8 \pm 446,7$ mg/j pour les hommes et les femmes respectivement avec un apport moyen de $901,7 \pm 365,4$ mg/j). En effet, le phosphore était le seul minéral pour lequel les recommandations ont été atteintes par presque de deux

tiers des patients (65,6 %). Il s'avérait que le phosphore n'est pas parmi les déficiences nutritionnelles communes chez les patients cœliaques comme indiqué par [Vici et al. \(2016\)](#).

Les apports moyens des patients en magnésium et en zinc étaient inférieurs aux ANC ([Martin, 2001](#)) chez la majorité des patients (96,9 % et 87,5 % pour le magnésium et le zinc respectivement). Différentes études ont rapporté que le magnésium et le zinc peuvent être déficients dans le régime sans gluten ([Scrimgeour and Condlin, 2009](#) ; [Saturni et al., 2010](#) ; [Caruso et al., 2013](#)). Une carence en magnésium peut entraîner un retard de croissance, un dysfonctionnement cardiovasculaire et des troubles du comportement. La carence en magnésium peut être liée aux produits sans gluten qui sont généralement plus faibles en magnésium et les céréales sans gluten trouvées dans la nature ont une teneur en magnésium inférieure par rapport aux céréales contenant du gluten ([Vici et al., 2016](#)). Le zinc est un oligo-élément essentiel impliqué dans de nombreuses réactions et fonctions biochimiques. Une carence en zinc peut affecter la synthèse des protéines et entraîner un arrêt de la croissance ([Caruso et al., 2013](#)).

Concernant l'apport en fer, la majorité des patients (81,3 %) avaient des apports inférieurs aux recommandations (9 mg/j et 16 mg/j pour les hommes et les femmes respectivement) ([Martin, 2001](#)). Les études antérieures de [Wild et al. \(2010\)](#), [Martin et al. \(2013\)](#) et [Shepherd and Gibson \(2013\)](#) ont rapporté des résultats similaires. La carence en fer étant reconnue comme une complication fréquente de la maladie cœliaque ([Martin et al., 2013](#)), l'apport en fer des patients cœliaques doit être considéré comme alarmant, surtout chez les femmes pour lesquelles les risques d'accouchement prématuré et de naissances d'enfants de petit poids sont augmentés de 2,5 à 3 fois dans le cas d'anémie ferriprive en début de grossesse ([Scholl and Hediger, 1994](#)).

Pour ce qu'est des vitamines, les apports moyens en vitamines B1 et B6 enregistrés pour la majorité des patients (90,6 % et 87,5 % pour la vitamine B1 et B6 respectivement) n'atteignaient pas les ANC ([Martin, 2001](#)). Il en était de même pour l'apport moyen en vitamine B9 où trois quarts des patients (75 %) avaient des apports inférieurs aux ANC ([Martin, 2001](#)). Cet apport faible en vitamine B9 peut être lié à la consommation de certains produits céréaliers sans gluten qui contiennent des quantités inférieures de vitamine B9 par rapport à leurs homologues contenant du gluten ([Vici et al., 2016](#)).

L'apport moyen en vitamine B12 ($2,4 \pm 1,9$ µg/j) était conforme aux recommandations (2,4 µg/j) ([Martin, 2001](#)). Néanmoins, plus de la moitié des patients (59,4 %) n'atteignaient pas les ANC. Le faible apport en vitamine B12 est rapporté dans des études précédentes en Suède ([Hallert et al., 2002](#)) et aux Etat-Unis ([Grace-Farfaglia, 2015](#)).

L'ANC en vitamine C (110 mg/j) n'est pas atteint chez la plupart des patients (78,1 %) qui ont enregistré un

apport moyen de $74,5 \pm 45,8$ mg/j. La même constatation a été notée pour la vitamine D (apport moyen de $1,5 \pm 3,0$ µg/j) où l'apport ne couvrirait même pas un tiers de l'ANC (5 µg/j). Ce faible apport en vitamine D est en accord avec les études de [García-Manzanares and Lucendo \(2011\)](#), [Samasca et al. \(2014\)](#) et [Caruso et al. \(2013\)](#).

L'apport moyen en sodium ($1,2 \pm 1,0$ g/j) était conforme aux recommandations de l'OMS (< 2 g/j) ([OMS, 2012](#)). Seulement deux patientes (6,3 %) ont dépassé les recommandations. En effet, l'OMS recommande de réduire l'apport en sodium pour faire baisser la tension artérielle et diminuer le risque des maladies cardiovasculaires, des accidents vasculaires cérébraux et des cardiopathies coronariennes chez l'adulte ([OMS, 2012](#)). Les résultats de la présente étude peuvent ne pas être représentatifs de la population cœliaque dans son ensemble. Néanmoins, les résultats de notre étude suggèrent que la qualité nutritionnelle du régime sans gluten peut être préoccupante et que des recherches supplémentaires sont nécessaires dans ce domaine.

Une limite potentielle de notre étude est l'utilisation du rappel des 24 h comme méthode d'évaluation de l'apport nutritionnel. Une limitation majeure de cette méthode d'enquête diététique est qu'elle ne décrit l'apport alimentaire que pendant une journée et ne tient pas compte de la variation de la consommation alimentaire durant la semaine. Cependant, la plupart de nos résultats était en accord avec ceux rapportés dans la littérature.

Conclusion

Notre étude représente la première tentative d'évaluation des apports journaliers en nutriments d'une population d'adultes algériens atteints de la maladie cœliaque. Dans notre étude, nous n'avons pas trouvé de différences significatives dans les apports journaliers en nutriments des hommes par rapport aux femmes. Seul l'apport en vitamine B9 était significativement plus élevé chez les hommes que chez les femmes.

Selon le profil de distribution des macronutriments, les patients ont suivi un régime riche en glucides (en particulier simples) et en protéines et faible en lipides par rapport aux recommandations. Par ailleurs, les patients ont consommé moins de fibres, de minéraux (calcium, magnésium, fer et zinc) et de vitamines (B1, B6 et B9, C et D) que ce qui est recommandé.

Bien que nos résultats doivent être confirmés par des études complémentaires dans une population plus large, réalisées de préférence au niveau national par un rappel de 24 heures répété au moins trois fois, notre étude révèle des apports nutritionnels inadéquats chez les adultes atteints de la maladie cœliaque. Sur la base de nos résultats, un suivi régulier des patients cœliaques ainsi que des conseils diététiques en termes de choix et de composition des aliments, semblent nécessaires pour prévenir la malnutrition et atteindre une alimentation équilibrée chez ces sujets nécessitant un traitement diététique à vie.

Remerciements

Nous remercions tous les patients qui ont participé dans cette étude.

Références bibliographiques

- Bencharif, M., Dahilia, K., Benseghira, L., Benabbas, Y., 2017. Effet du jeûne du Ramadan sur l'alimentation et l'activité physique : comparaison selon l'âge et le genre. *Nutr. Clin. Métab.* 31(2), 140–150.
- Capriles, V.D., Martini, L.A., 2009. Areas JA. Metabolic osteopathy in celiac disease: importance of a gluten-free diet. *Nutr. Rev.* 67, 599–606.
- Caruso, R., Pallone, F., Stasi, E., Romeo, S., Monteleone, G., 2013. Appropriate nutrient supplementation in celiac disease. *Ann. Med.* 45(8), 522–531.
- Ciqual., 2016. Table de composition nutritionnelle des aliments Ciqual, Anses. Disponible sur le site <http://www.ansespro.fr/TableCIQUAL2016>.
- Dall'Asta, C., Scarlato, A.P., Galaverna, G., Brighenti, F., Pellegrini, N., 2012. Dietary exposure to fumonisins and evaluation of nutrient intake in a group of adult celiac patients on a gluten-free diet. *Mol. Nutr. Food Res.* 56, 632–640.
- FAO/OMS/UNU 1986. Besoins énergétiques et besoins en protéines. Genève: FAO/OMS/UNU [Série de rapports techniques, n°724].
- FAO/US, 1970. Department of Health Education and welfare. « Table de composition des aliments à l'usage de l'Afrique ». Publications Division, Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome, pp 218.
- Farrell, R.J., Kelley, C.P., 2002. Celiac Sprue. *N. Engl. J. Med.* 346, 180–188.
- Feinberg, M., Favier, J.C., Ireland-Ripert, J., 1991. Répertoire général des aliments : Table de composition. Paris: Tec & Doc – Lavoisier, pp 281.
- Fernández, C.B., Varela-Moreiras, G., Úbeda, N., Alonso-Aperte, E., 2019. Nutritional status in Spanish children and adolescents with celiac disease on a gluten free diet compared to non-celiac disease controls. *Nutrients* 11, 2329.
- García-Manzanares, Á., Lucendo, A.J., 2011. Review: Nutritional and Dietary Aspects of Celiac Disease. *Nutr. Clin. Pract.* 26, 163–173.
- Grace-Farfaglia, P., 2015. Bones of contention: bone mineral density recovery in celiac disease- a systematic review. *Nutrients* 7(5), 3347–3369.
- Grehn, S., Fridell, K., Lilliecreutz, M., Hallert, C., 2001. Dietary habits of Swedish adult coeliac patients treated by a gluten-free diet for 10 years. *Scand. J. Nutr.* 45, 178–182.
- Hallert, C., Grant, C., Grehn, S., Grännö, C., Hultén, S., Midhagen, G., Ström, M., Svensson, H., Valdimarsson, T., 2002. Evidence of poor vitamin status in celiac patients on a gluten-free diet for 10 years. *Aliment Pharmacol. Ther.* 16, 1333–1339.
- Jequier, E. 1999. Response to and range of acceptable fat intake in adults. *Eur. J. Clin. Nutr.* 53, 84–88.
- Kemppainen, T., Uusitupa, M., Janatuinen, E., Jarvinen, R., Julkunen, R., Pikkarainen, P., 1995. Intakes of nutrients and nutritional status in coeliac patients. *Scand. J. Gastroenterol.* 30, 575–579.
- Lairon, D., Cherbut, C., Barry, J.L., 2001. Fibres alimentaires. In: Martin A., editor. Apports nutritionnels conseillés pour la population française. Paris: Tec & Doc – Lavoisier, pp 99–108.
- Ludvigsson, J.F., Leffler, D.A., Bai, J.C., Biagi, F., Fasano, A., Green, P.H.R., Hadjivassiliou, M., Kaukinen, K., Kelly, C.P., Leonard, J.N., Lundin, K.E.A., Murray, J.A., Sanders, D.S., Walker, M.M., Zingone, F., Ciacci, C., 2013. The Oslo definitions for coeliac disease and related terms. *Gut*, 62(1), 43–52.
- Ludvigsson, J.F., Murray, J.A., 2019. Epidemiology of celiac disease. *Gastroenterol. Clin. N. Am.* 48, 1–18.
- Mariani, P., Viti M.G., Montuori, M., La Vecchia, A., Cipolletta, E., Calvani, L., Bonamico, M., 1998. The gluten-free diet: a nutritional risk factor for adolescents with celiac disease? *J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr.* 27(5), 519–523.
- Martin, A. 2001. Apports nutritionnels conseillés pour la population française. Paris: Tec & Doc – Lavoisier.
- Martin, J., Geisel, T., Maresch, C., Krieger, K., Stein, J., 2013. Inadequate nutrient intake in patients with celiac disease: results from a German dietary survey. *Digestion*, 87(4), 240–246.
- Mikkelsen, P.B., Toubro, S., Astrup, A., 2000. Effect of fat-reduced diets on 24-h energy expenditure: comparisons between animal protein, vegetable protein, and carbohydrate. *Am. J. Clin. Nutr.* 72, 1135–1141.
- Morreale, F., Agnoli, C., Roncoroni, L., Sieri, S., Lombardo, V., Mazzeo, T., Elli, L., Bardella, M.T., Agostoni, C., Doneda, L., Scricciolo, A., Brighenti, F., Pellegrini, N., 2018. Are the dietary habits of treated individuals with celiac disease adherent to a Mediterranean diet?. *Nutr. Metab. Cardiovasc. Dis.* 28, 1148–1154.
- Nishida, C., Uauy, R., Kumanyika, S., Shetty, P., 2004. The joint WHO/FAO expert consultation on diet, nutrition and the prevention of chronic diseases: process, product and policy implications. *Public Health Nutr.* 7, 245–250.
- OMS, 2012. Guideline: Sodium intake for adults and children. Geneva: World Health Organization.
- Rondanelli, M., Faliva, M.A., Gasparri, C., Peroni, G., Naso, M., Picciotto, G., Riva, A., Nichetti, M., Infantino, V., Alalwan, T.A., Perna, S., 2019. Micronutrients dietary supplementation advices for celiac patients on long-term gluten-free diet with good compliance: a review. *Medicina*, 55(7), 337–354.
- Rubio-Tapia, A., Hill I.D., Kelly, C.P., Calderwood, A.H., Murray, J.A., 2013. ACG clinical guidelines: diagnosis and management of celiac disease. *Am. J. Gastroenterol.* 108(5), 656–676.
- Samasca, G., Sur, G., Lupan, I., Deleanu, D., 2014. Gluten-free diet and quality of life in celiac disease. *Gastroenterol. Hepatol. Bed. Bench.* 7(3), 139–143.
- Saturni, L., Ferretti, G., Bacchetti, T., 2010. The gluten-free diet: safety and nutritional quality. *Nutrients* 2(1), 16–34.
- Scholl, T.O., Hediger, M.L., 1994. Anemia and iron-deficiency anemia: compilation of data on pregnancy outcome. *Am. J. Clin. Nutr.* 59 (2), 492–501.
- Scrimgeour, A.G., Condlin, M.L., 2009. Zinc and micronutrient combinations to combat gastrointestinal inflammation. *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care* 12(6), 653–660.
- Shepherd, S., Gibson, P., 2013. Nutritional inadequacies of the gluten-free diet in both recently-diagnosed and long-term patients with coeliac disease. *J. Hum. Nutr. Diet.* 26(4), 349–358.

- Singh, P., Arora, A., Strand, T.A., Leffler, D.A., Catassi, C., Green, P.H., Kelly, C.P., Ahuja, V., Makharia, G.K., 2018. Global prevalence of celiac disease: systematic review and meta-analysis. *Clin. Gastroenterol. Hepatol.* 16(6), 823–836.
- SUPplémentation en Vitamines et Minéraux AntioXydants (SU.VI.MAX.), 1994. Portions alimentaires. Manuel photos pour l'estimation des quantités. Paris: Polytechnica.
- Tebbani, F., Oulamara, H., Agli, A., 2019. Effet de l'alimentation maternelle sur le gain de poids au cours de la grossesse. *Nutr. Clin. Métab.* 33, 217–226.
- Theethira, T.G., Dennis, M., Leffler, D.A., 2014. Nutritional consequences of celiac disease and the gluten-free diet, *Expert Rev. Gastroenterol. Hepatol.* 8(2), 123–129.
- Thompson, T., Dennis, M., Higgins, L.A., Lee, A.R., Sharrett, M.K., 2005. Gluten-free diet survey: are Americans with coeliac disease consuming recommended amounts of fibre, iron, calcium and grain foods? *J. Hum. Nutr. Diet.* 18, 163–169.
- Vici, G., Belli, L., Biondi, M., Polzonetti, V., 2016. Gluten free diet and nutrient deficiencies: A review. *Clin. Nutr.* 35(6), 1236–1241.
- Wild, D., Robins, G.G., Burley, V.J., Howdle, P.D., 2010. Evidence of high sugar intake, and low fibre and mineral intake, in the gluten-free diet. *Aliment. Pharmacol. Ther.* 32, 573–581.
- Zuccotti, G., Fabiano, V., Dilillo, D., Picca, M., Cravidi, C., Brambilla, P., 2013. Intakes of nutrients in Italian children with celiac disease and the role of commercially available gluten-free products. *J. Hum. Nutr. Diet.* 26, 436–444.

Produits carnés traditionnels : caractérisation physicochimique et microbiologiques d'El-Guedid Algérien à partir de viande : ovine, bovine, caprine et cameline

Bader Roumeila¹, Becila Samira^{1*}, Talon Régine², Leroy Sabine²

¹ Equipe MaQuaV, Laboratoire BioQuAI, Institut de Nutrition d'Alimentation et des Technologies Agro-Alimentaires (INATAA), Université Frères Mentouri Constantine 1, 25000, Algeria.

² Université Clermont Auvergne, INRAE, MEDIS, Clermont-Ferrand 63000, France

Résumé *El-Guedid est un produit carné traditionnel algérien qui est préparé à partir de viandes rouges. Il appartient à une large diversité de produits carnés salés / séchés. Cette étude a décrit les propriétés physico-chimiques et microbiologiques de différents produits de quatre origines animales et pendant toute la conservation. Les résultats indiquent que ces produits se caractérisaient principalement par une faible humidité avec une diminution moyenne de la teneur en eau comprise entre 15,6% et 16,3% pour tous les échantillons, et une diminution de l'activité de l'eau allant de 0,66 à 0,68, tandis que la teneur en sel variait de 8,8 à 19,3%. Une diminution des valeurs de pH a oscillé de 6,3 à 5,5 à T0 et T365 consécutivement, dans tous les échantillons. Les analyses microbiennes ont révélé l'absence de bactéries pathogènes telles que *Listeria* et *Salmonella* mais la contamination sporadique par *Staphylococcus aureus* jusqu'à un mois de maturation. Les bactéries lactiques et les staphylocoques à coagulase négative étaient les populations dominantes dans El-Guedid avec *Leuconostoc mesenteroides*, *Lactobacillus sakei* et *Staphylococcus saprophyticus* comme principales espèces identifiées. Toutes ces populations ont diminué au cours du processus et ont atteint de faibles niveaux (2 log CFU / g) à la fin du stockage (365 jours). Le séchage drastique d'El-Guedid a conduit à un produit carné traditionnel sûr qui pourrait favoriser sa production.*

Mots clés *Produits carnés, El-Guedid, bactéries lactiques, staphylocoques à coagulase négative*

Introduction

Les produits ethniques font partie du patrimoine gastronomique et culturel qui promeuvent l'identité locale, régionale ou nationale dans les pays. Des recettes au savoir-faire ancestral se transmettent de génération en génération et perpétuent la tradition. Les produits carnés traditionnels font partie de ces produits ethniques (Gagaoua et Boudechicha, 2018).

El-Guedid est préparé sur tout le territoire algérien à partir de viande rouge : mouton et bœuf principalement, et dans les zones sous-sèches de la viande de chèvre et de chameau. Habituellement, la viande crue est coupée en lanières, salé abondamment parfois à sec ou en saumure. La viande est ensuite exposée à l'air libre jusqu'à ce qu'elle sèche complètement au soleil pendant une période de quelques jours à plusieurs semaines (Benlacheheb *et al.*, 2019 ; Essid *et al.*, 2007 ; Gagaoua et Boudechicha, 2018 ; FAO, 1990). Il est de préférence conservé dans des bocaux scellés, à l'abri de l'air et humidité.

Très peu d'études ont été menées sur les produits carnés traditionnels. Dans cette étude, différents échantillons d'El-Guedid, fabriqués à partir de quatre types de viande (mouton, bœuf, chèvre et chameau) et dans quatre régions différentes d'Algérie et dans différents ménages, ont été caractérisés. Notre objectif était d'étudier l'évolution des caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques de ces échantillons pendant toute la période de conservation allant jusqu'à 1 an. Nos recherches ont porté sur la caractérisation et la conservation des produits carnés du terroir algérien afin de promouvoir leur production.

Matériel et méthode

Préparation des échantillons

Les échantillons d'El-Guedid ont été préparés à partir de différents types de viandes rouges crues : ovine, bovine, caprine et cameline dans la région d'Alger, Constantine, Oum El Bouaghi et Ouargla respectivement. Pour chaque espèce animale, trois lots de 4 kg chacun ont été fabriqués par trois différents ménages. Les échantillons ont été préparés selon le procédé de fabrication traditionnel (fig. 1). La viande fraîche a été coupée en morceaux (3 à 7 cm de longueur, 1–2 cm d'épaisseur), abondamment salée à sec (50 g/kg de sodium chlorure),

* Corresponding author:

Becila Samira

Email address: abdallah.bouasla@umc.edu.dz

INATAA, UFMCI

7° Km Route de Sétif, RN 5, 25000 Constantine (Algeria)

égoutté puis suspendu pour le séchage au soleil (5-9 jours). Par la suite, El-Guedid était stockés en jars dans un endroit sec. Chaque lot a été échantillonné à différents moments du processus : viande fraîche (T0), après 1 mois (T30), 3 mois (T90), 6 mois (T180) et un an de stockage (T365). Un total de 60 échantillons a été analysé (fig. 1).

Evolution des paramètres physico-chimiques

Des analyses physico-chimiques ont été réalisées sur les 60 échantillons d'El-Guedid entre T0 et T365. Toutes les mesures ont été déterminées en duplicat ou triplicats pour chaque échantillon. Le pH était mesuré à l'aide d'un pH-mètre en mélangeant 10 g d'échantillon dans 90 mL d'eau distillée (Lorenzo *et al.*, 2008). L'humidité a été déterminée en séchant 5 g d'échantillon dans une étuve à 105 °C pendant 24 h, puis le refroidir pendant une heure dans le dessiccateur (Petit *et al.*, 2014). L'activité de l'eau (aw) des échantillons a été mesurée avec un AW-mètre. La teneur en sel a été calculée par chromatographie ionique comme décrit par Mirade *et al.* (2020) après homogénéisation de 0,5 g d'échantillon avec 10 mL d'eau ultrapure. La teneur en lipides a été déterminée selon la méthode Soxhlet adaptée à la viande par Komprda *et al.* (2012). La teneur en carbonyle est utilisée comme mesure de l'oxydation des protéines et a été détecté par réactivité avec 2, 4 dinitrophénylhydrazine (DNPH) comme décrit par Oliver *et al.* (1987). L'oxydation lipidique des échantillons a été évaluée par mesure des substances réactives à l'acide 2-thiobarbiturique (TBARS) selon la méthode de Mercier *et al.* (1998).

Caractérisation microbiologique

Un ml ou une aliquote de 0,1 mL de dilutions sur milieu TS a étéensemencé dans le milieu sélectif correspondant pour énumérer les microorganismes. Les flores totales aérobies mésophiles (FTAM) ont été dénombrés sur plaque Agar (PCA), incubée à 30 °C, 72h. Les coliformes étaient dénombrés sur gélose VRBL, incubée 24 h à 30 et 44 °C pour les coliformes totaux et fécaux, respectivement. Les bactéries lactiques ont été dénombrées sur gélose Man Rogosa Sharp (MRS) après incubation pendant 2–3 jours à 30 °C dans une jarre sous modifié atmosphère (Anaerocult A). Le milieu VRBG a été utilisé pour le dénombrement des entérobactéries après incubation à 37 °C pendant 24h. Les staphylocoques à coagulase négative ont été comptés sur Mannitol Salt Agar (MSA) incubés pendant 24 h – 48 h à 30 °C. Les levures et les moisissures étaient dénombrés sur gélose YCG, incubé à 25 °C pendant 3–5 jours. *Staphylocoque aureus* a été dénombré sur du milieu Baird-Parker complété avec du jaune d'œuf et du Tellurite de potassium, 24 h – 48 h à 37 °C. Pour les salmonelles, 25 g d'échantillons ont été homogénéisés dans 225 ml d'eau peptonée tamponnée, et incubés pendant 24 h à 37 °C. Après incubation, 1 ml a été transféré à 10 ml de Bouillon de tétrathionate avec de l'iode, et incubé à 37 °C pendant 24h.

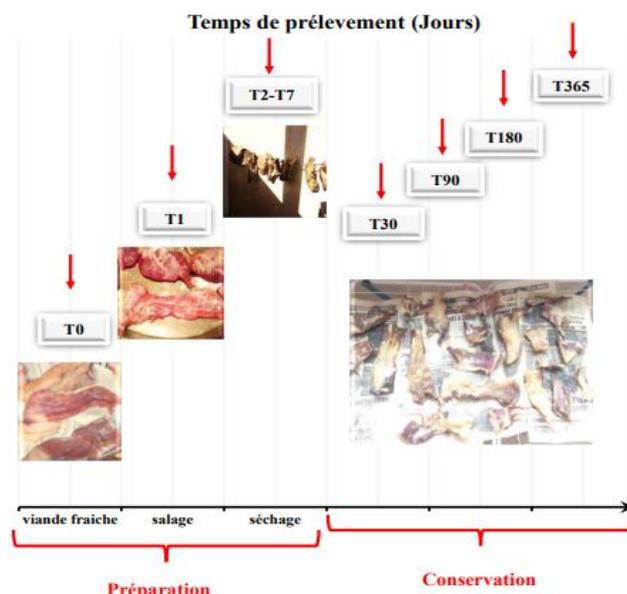


Figure 1. Diagramme de préparation traditionnelle d'El-Guedid Algérien

Ensuite, le bouillon a été ensemencée sur du milieu Hektoen et incubé à 37 °C pendant 24h. La détection de *Listeria monocytogenes* a été réalisée à partir de 25 g d'échantillons, qui ont été enrichis en bouillon demi-Fraser pour 24 h à 30 °C, puis en bouillon Fraser 48 h à 37 °C. Après les deux enrichissements, les échantillons ont été étalés sur de la gélose sélective Palcam, et incubées pendant 24 h – 48 h à 37 °C. La présence de bactéries anaérobie sulfite- réductrices a été déterminée dans des tubes. 1 mL de l'échantillon homogénéisé a été traité thermiquement à 80 °C pendant 10 min afin de tuer les formes végétatives, puis 20 mL de gélose Viande Foie, refroidi à 45 °C, a été ajouté. Les tubes ont été incubés 48 h à 37 °C.

Identification moléculaire

Pour chaque échantillon, 08 colonies sur MRS et MSA ont été sélectionnés et ensemencés sur milieu MRS et BHI et incubées à 30 °C pendant 24 h et 48 h, respectivement. L'ADN bactérien total a été isolé à partir de 1 mL de culture en utilisant le kit de purification d'ADN génomique Wizard. L'ADN des isolats du milieu MRS était amplifiés par PCR spécifique à l'espèce ciblé sur les gènes de l'ARNr 16S. L'ADN des isolats du milieu MSA (LAB) était soumis à une PCR multiplex permettant l'identification du Genre *Staphylococcus* et des espèces *S. epidermidis*, *S. saprophyticus*, *S. xylosum* et *S. aureus*, comme décrit par Corbière Morot-Bizot *et al.* (2004).

Résultats

Caractéristiques physicochimiques

Une diminution du pH a été observée, tout au long du processus d'affinage, pour tous les échantillons, et les différents types de viande. L'amplitude de la baisse de

pH variait de 0,8 à 1,2 unité de pH, avec la plus faible amplitude pour les échantillons de chameaux et le plus élevé pour les moutons.

Les teneurs en humidité et l'activité de l'eau des échantillons ont diminué au fil du temps pour tous les échantillons. Une diminution moyenne de la teneur en eau entre 15,6% et 16,3% a été testée pour tous les échantillons pendant la maturation. De manière concomitante, l'activité de l'eau des échantillons a fortement diminué en particulier pendant les 30 premiers jours de maturation, allant de 0,625 à 0,718.

Des concentrations variables de chlorure de sodium ont été analysées à T30 et T180 entre des échantillons d'El-Guedid. Cette variabilité s'explique par la fabrication de lots par trois différents producteurs.

La teneur en lipides était faible pour toutes les viandes crues (T0) des différentes espèces animales, allant de 3,2 à 4,8 g / 100 g de matière sèche. Des pourcentages plus élevés ont été observés pour les viandes ovine et bovine mais pas pour les caprines et camelines. Des différences significatives ont été notées entre les viandes de différentes espèces animales après 90 jours avec de la viande de mouton ayant la plus haute teneur en lipides en fin de maturation. Les valeurs thiobarbituriques sont liées aux changements lipidiques oxydatifs des échantillons de viande tandis que les carbonyles sont corrélés à l'oxydation des protéines. Il n'y a eu aucun effet de l'origine de la viande sur l'oxydation, quel que soit le temps de maturation. Une augmentation significative de l'oxydation lipidique et protéiques a été notée pour les échantillons bovins tandis que pour les ovins seulement une augmentation dans l'oxydation des protéines a été noté.

Caractérisation microbiologique

Les entérobactéries ont été dénombrés dans tous les échantillons de viande fraîche, et leurs nombres moyens étaient $2,0 \pm 1,0$ log CFU / g. A partir de T30, tous les échantillons étaient inférieurs au seuil de détection (<1 log CFU / g). Les coliformes étaient inférieurs au seuil de détection (<1 log CFU / g) pour tous les échantillons. Les germes pathogènes n'ont jamais été détectés. Les levures et les moisissures ont contaminé tous les échantillons de viande fraîche avec une moyenne de $3,0 \pm 0,7$ log CFU / g. Ce niveau est resté constant à T30 pour les échantillons de viande de mouton et de bœuf ($2,7 \pm 0,7$ log UFC / g), puis était inférieure à seuil de détection (<10 log CFU / g). Pour les échantillons caprins et camelines, les levures et les moisissures étaient en dessous du seuil de détection de T30.

Les numérations des FTAM étaient en moyenne de $4,7 \pm 1,4$ log CFU / g pour tous les échantillons de T0 à T90. Ils ont considérablement diminué à T180 pour atteindre le seuil de détection (1 à $1,2$ log CFU / g). Ils étaient sous le seuil de détection à T365. Les groupes des LAB et CNS étaient présents dans tous les échantillons de T0 à 365. Les dénombrements moyens de LAB étaient de $6,0 \pm 0,8$ log CFU / g pour les viandes fraîches, et diminuaient progressivement au cours de la maturation pour atteindre

$2,4 \pm 0,7$ log CFU / g quelle que soit l'espèce animale d'origine de la viande. Le nombre moyen de SNC était de $4,3 \pm 1,4$ log CFU / g pour les échantillons à T0, a légèrement augmenté pour atteindre $5,6 \pm 1,1$ log CFU / g à T30 puis diminue progressivement pendant le stockage pour atteindre $2,3 \pm 0,8$ log UFC / g quelle que soit l'espèce animale d'origine de la viande.

L'analyse moléculaire a révélé une grande diversité avec 110 profils différents. Parmi les 148 isolats, 132 isolats appartenait au groupe LAB et ont été identifiés comme appartenant à 7 genres : *Leuconostoc* (40), *Lactobacillus* (35), *Enterococcus* (20), *Weissella* (23), *Lactococcus* (11), *Pediococcus* (2), *P. pentosaceus* et *Streptococcus* (1, *S. parauberis*). 144 isolats de MSA ont été soumis à une PCR multiplex spécifique au staphylocoque. Parmi eux, 124 isolats appartenait à *S. saprophyticus*, 4 à *S. epidermidis* et 2 à *S. xylosum*. Les 14 isolats restants étaient identifiés après séquençage du gène de l'ADNr 16S et appartenait à *S. pasteurii* (5), *S. hominis* (4), *S. capitis* (3) et *S. cohnii* (2).

Discussion

El-Guedid avec une activité d'eau allant de 0,66 à 0,68 et une teneur en sel de 8,8 à 19,3% peut être classée comme produit sec. Pendant que kitoza et làcon, deux autres produits de viande séchée salée, montrant un niveau d'eau élevé l'activité (0,83 à 0,90) et une faible teneur en sel (2,4 à 4,0%) peuvent être considérées comme des produits humides (Lorenzo *et al.*, 2015 ; Ratsimba *et al.*, 2019).

Les valeurs de pH initiales (pH 6,3–6,4) de cette étude étaient proches de celles trouvées par Benlacheheb *et al.* (2019) dans de la viande ovine fraîche. Ces valeurs ont diminué pendant la maturation atteignant des valeurs finales de 5,2 à 5,5, quelle que soit la viande utilisée. Ces résultats peuvent s'expliquer par l'accumulation d'acide lactique produits par les LAB.

La teneur en sel de nos échantillons El-Guedid concordait avec le kadid marocain (7,4–12,4%) (Bennani *et al.*, 1995) ; et nos échantillons caprins étaient proches de làcon et charqui (16,2 et 15,5% respectivement). Alors que notre les échantillons contiennent plus de NaCl que d'autres produits de viande similaires, à savoir kitoza (2,6–4,1%), kundi (0,5%) et biltong (4,8–6,8%) (Ratsimba *et al.*, 2017 ; Alonge, 1987).

La teneur en lipides d'El-Guedid était dans le même ordre que celui du kitoza (7,1 g / 100 g de matière sèche) et celles des viandes de chèvre séchées salées (3,5 à 4,4 g / 100 g de matière sèche) (Rahman *et al.*, 2005 ; Ratsimba *et al.*, 2019). Les valeurs TBARS allant de 2,2 à 5,2 mg MDA / kg à la fin du stockage était proche de celle du kitoza de porc et de bœuf (3,5 à 3,7 mg de MDA / kg) (Ratsimba *et al.*, 2019). Mais ils étaient que ceux trouvées dans les échantillons de viande de porc séchés (Yang *et al.*, 2009). Plusieurs études ont montré que la teneur en sel pouvait avoir un effet pro-oxydant sur les lipides, qui sont dus à l'action inhibitrice du sel sur

l'antioxydant enzymes (Lee *et al.*, 1997 ; O'Neill *et al.*, 1999 ; Hernandez *et al.*, 2002 ; Devatkal et Naveena, 2010 ; Gheisari et Motamedi, 2010). Le sel peut aussi contenir des traces de métaux lourds, qui peuvent participer à l'oxydation.

Les valeurs carbonylées de nos échantillons sont liées à l'oxydation des protéines. Les étapes de salage et de séchage peuvent avoir un effet marqué sur l'oxydation des protéines dans les produits carnés (Bombrun *et al.*, 2014). L'ajout de NaCl affecte la force ionique et donc les réactions biochimiques tel que l'oxydation des protéines. Nos valeurs étaient proches de ceux trouvés par Estévez *et al.* (2007) dans les saucisses de Francfort. Armenteros *et al.* (2009) a rapporté les niveaux de carbonyle de différents produits carnés fermentés à nos résultats, à savoir : jambon sec, longe séchée, saucisse séchée avec 8,0 ; 8,0 et 9,0 nmol / mg de protéine, respectivement.

Plusieurs études ont évalué la microbiologie de différents types de produits salés séchés. Dans notre étude, la contamination initiale (totale numérations aérobies) concordait avec celle déjà trouvée pour la viande de mouton fraîche (Benlacheheb *et al.*, 2019) et de bœuf frais (Pinto *et al.*, 2002) mais était inférieur d'un log à celui de la viande de porc crue (Lorenzo *et al.*, 2015) et de la viande de chèvre (Rahman *et al.*, 2005).

Les entérobactéries, levures et moisissures étaient à de faibles niveaux tandis que les bactéries lactiques et les staphylocoques étaient les populations dominantes. Ces faibles niveaux étaient déjà mentionnés pour le kaddid Marocain (Bennani *et al.*, 2000). Plusieurs enquêtes sur le biltong ont révélé que des niveaux élevés de microorganismes ont été observés avec des niveaux de comptage total allant de 6 à 7 log UFC / g, d'entérobactéries de 3 à 4 log CFU / g, de levures de 2 à 7 CFU / g, de bactéries lactiques aussi élevées que 8 log UFC / g et staphylocoques de 4 à 8,5 log UFC / g (Naidoo et Lindsay, 2010_a, 2010_b). Dans notre étude, *L. monocytogenes* et *Salmonella* n'étaient pas détectés. En effet, la plupart des produits carnés séchés présentaient un profil similaire (Menéndez *et al.*, 2018 ; Naidoo et Lindsay, 2010_a, 2010_b).

Comme les staphylocoques à coagulase négative et les bactéries lactiques étaient les populations dominantes dans El-Gueddid étudié, nous avons identifié l'espèce. Nous avons constaté que l'espèce *S. saprophyticus* était dominante. Cette dominance a déjà été remarquée dans le Kitoza porcin ou bovin (Ratsimba *et al.*, 2017). C'était aussi l'un des principales espèces isolées tout au long de la fabrication du lardon sec (Vilar *et al.*, 2000) et dans les saucisses fermentées traditionnelles (Coton *et al.*, 2010 ; Garcia Fontan *et al.*, 2007). Parmi les LAB identifiées, *L. mesenteroides* (30%) et *L. sakei* (22%) constituaient le microbiote dominant. *L. sakei* est reconnue comme l'espèce la plus répandue dans le microbiote de produits carnés frais emballés et de viande fermentée traditionnelle (Najjari *et al.*, 2008 ; Garcia Fontan *et al.*, 2007 ; Leroy *et al.*, 2015). *L. sakei* et *L. mesenteroides* peuvent produire bactériocines qui pourraient contribuer

à la sécurité des produits (Benmecherrhene *et al.*, 2014 ; Leroy *et al.*, 2005). Toutes les bactéries LAB dominantes partagent la propriété de se développer en présence de sel (Marceau *et al.*, 2003).

Cette étude est la première où El-Gueddid a été caractérisé en considérant des produits d'origine animale différente et tout le temps de préservation. En conclusion, El-Gueddid est un produit de viande traditionnelle sûr qui répond aux critères de durabilité.

Conflit d'intérêts

Les auteurs ne déclarent aucun conflit d'intérêts.

Remerciements

Ce travail est une collaboration entre INATAA-Constantine en Algérie et INRAE- Clermont-Ferrand en France dans le cadre de la thèse de Roumeila Bader. Nous remercions les ménages qui ont participé à l'élaboration de tous les échantillons. Une reconnaissance particulière au ministère algérien de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique pour l'attribution d'une bourse dans le cadre du programme de coopération franco-algérienne : PROFAS B + (B / COOPÉRATION).

Références bibliographiques

- Alonge, D.O., 1987. Factors affecting the quality of smoke-dried meats in Nigeria. *Acta Alimentaria*, 16(3), 263–270.
- Armenteros, M., Aristoy, M.C., Barat, J.M., Toldrá, F., 2009. Biochemical changes in dry-cured loins salted with partial replacements of NaCl by KCl. *Food Chemistry*, 117(4), 627–633. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.04.056>
- Benlacheheb, R., Becila, S., Sentandreu, M. A., Hafid, K., Boudechicha, H. R., Boudjellal, A., 2019. El Gueddid, a traditional Algerian dried salted meat: Physicochemical, microbiological characteristics and proteolysis intensity during its manufacturing process and ripening. *Food Science and Technology International*, 25(4), 347–355. <https://doi.org/10.1177/1082013219825892>
- Benmecherrhene, Z., Fernández-No, I., Quintela-Baluja, M., Böhme, K., Kihal, M., CaloMata, P., Barros-Velázquez, J., 2014. Genomic and proteomic characterization of bacteriocin-producing *Leuconostoc mesenteroides* strains isolated from raw camel milk in two southwest Algerian arid zones. *BioMed Research International*, 853238. <https://doi.org/10.1155/2014/853238>.
- Bennani, L., Faid, M., Bouseta, A., 2000. Experimental manufacturing of kaddid, a salted dried meat product: Control of the microorganisms. *European Food Research and Technology*, 211(3), 153–157. <https://doi.org/10.1007/s002170050001>.
- Bennani, L., Zenati, Y., Faid, M., Ettayebi, M., 1995. Physicochemical and microbiological characteristics of a dried salted meat product (Kaddid) in Morocco. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung*, 201(6), 528–532. <https://doi.org/10.1007/BF01201577>
- Bombrun, L., Gatellier, P., Carlier, M., Kondjoyan, A., 2014. The effects of low salt concentrations on the mechanism of adhesion between two pieces of pork semimembranosus

- muscle following tumbling and cooking. *Meat Science*, 96(1), 5–13.
- Corbière Morot-Bizot, S., Talon, R., Leroy, S., 2004. Development of a multiplex PCR for the identification of *Staphylococcus* genus and four *Staphylococcal* species isolated from food. *Journal of Applied Microbiology*, 97, 1087–1094. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2004.02399>
- Coton, E., Desmonts, M. H., Leroy, S., Coton, M., Jamet, E., Christeians, S., Talon, R., 2010. Biodiversity of coagulase-negative staphylococci in French cheeses, dry fermented sausages, processing environments and clinical samples. *International Journal of Food Microbiology*, 137, 221–229. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2009.11.023>
- Devatkal, S. K., Naveena, B., 2010. Effect of salt, kinnnow and pomegranate fruit byproduct powders on color and oxidative stability of raw ground goat meat during refrigerated storage. *Meat Science*, 85(2), 306–311. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.01.019>
- Essid, I., Ismail, H. B., Ahmed, S. B. H., Ghedamsi, R., Hassouna, M., 2007. Characterization and technological properties of *Staphylococcus xylosus* strains isolated from a Tunisian traditional salted meat. *Meat Science*, 77(2), 204–212. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.03.003>
- FAO, 1990. Manual of simple methods of meat preservation. FAO Animal Production and Health Paper No. 79. Rome: FAO.
- Gagaoua, M., Boudechicha, H.R., 2018. Ethnic meat products of the North African and Mediterranean countries: An overview. *Journal of Ethnic Foods*, 5(2), 83–98. <https://doi.org/10.1016/j.jef.2018.02.004>
- Garcia Fontan, M.C., Lorenzo, J.M., Martinez, S., Franco, I., Carballo, J., 2007. Microbiological characteristics of Botillo, a Spanish traditional pork sausage. *LWT - Food Science and Technology*, 40, 1610–1622. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2006.10.007>
- Gheisari, H.R., Motamedi, H., 2010. Chloride salt type/ionic strength and refrigeration effects on antioxidant enzymes and lipid oxidation in cattle, camel and chicken meat. *Meat Science*, 86(2), 377–383. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.05.020>
- Hernandez, P., Park, D., Rhee, K. S., 2002. Chloride salt type/ionic strength, muscle site and refrigeration effects on antioxidant enzymes and lipid oxidation in pork. *Meat Science*, 61(4), 405–410. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(01\)00212-1](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(01)00212-1)
- Komprda, T., Kuchtik, J., Jarosova, A., Drackova, E., Zemanek, L., Filipcik, B., 2012. Meat quality characteristics of lambs of three organically raised breeds. *Meat Science*, 91(4), 499–505. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.03.004>
- Lee, S.K., Mei, L., Decker, E.A., 1997. Influence of sodium chloride on antioxidant enzyme activity and lipid oxidation in frozen ground pork. *Meat Science*. 46(4), 349–355. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(97\)00029-6](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(97)00029-6)
- Leroy, F., Lievens, K., De Vuyst, L., 2005. Modeling Bacteriocin resistance and inactivation of *Listeria innocua* LMG 13568 by *Lactobacillus sakei* CTC 494 under sausage fermentation conditions. *Applied and Environmental Microbiology*, 71(11), 7567–7570. <https://doi.org/10.1128/AEM.71.11.7567-7570.2005>
- Leroy, S., Lebert, I., Talon, R., 2015. Microorganisms in traditional fermented meats. Fermented meat products and role of starter culture. In F. Toldra (Ed.). Handbook of fermented meat and poultry (pp. 99–105). (2nd Ed.). Chapter 12.
- Lorenzo, J. M., Bermúdez, R., Domínguez, R., Guiotto, A., Franco, D., Purriños, L., 2015. Physicochemical and microbial changes during the manufacturing process of dry-cured lacón salted with potassium, calcium and magnesium chloride as a partial replacement for sodium chloride. *Food Control*, 50, 763–769. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.10.019>
- Lorenzo, J. M., García Fontán, M. C., Franco, I., Carballo, J., 2008. Biochemical characteristics of dry-cured lacón (a Spanish traditional meat product) throughout the manufacture, and sensorial properties of the final product. Effect of some additives. *Food Control*, 19(12), 1148–1158. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2007.12.005>
- Marceau, A., Zagorec, M., Champomier-Vergés, M.C., 2003. Positive effects of growth at suboptimal temperature and high salt concentration on long-term survival of *Lactobacillus sakei*. *Research in Microbiology*, 154, 37–42. [https://doi.org/10.1016/S0923-2508\(02\)00010-4](https://doi.org/10.1016/S0923-2508(02)00010-4)
- Menéndez, R.A., Rendueles, E., Sanz, J.J., Santos, J.A., García-Fernández, M.C., 2018. Physicochemical and microbiological characteristics of diverse Spanish cured meat products. *CyTA-Journal of Food*, 16, 199–204. <https://doi.org/10.1080/19476337.2017.1379560>
- Mercier, Y., Gatellier, P., Viau, M., Remignon, H., Renerre, M., 1998. Effect of dietary fat and vitamin E on colour stability and on lipid and protein oxidation in Turkey meat during storage. *Meat Science*, 48(3–4), 301–318. [https://doi.org/10.1016/s0309-1740\(97\)00113-7](https://doi.org/10.1016/s0309-1740(97)00113-7)
- Mirade, P. S., Portanguen, S., Sicard, J., De Souza, J., Musavu Ndob, A., Hoffman, L. C., ... Collignan, A., 2020. Impact of tumbling operating parameters on salt, water and acetic acid transfers during biltong-type meat processing. *Journal of Food Engineering*, 265(109686), 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.109686>
- Naidoo, K., Lindsay, D., 2010a. Survival of *Listeria monocytogenes*, and enterotoxin producing *Staphylococcus aureus* and *Staphylococcus pasteurii*, during two types of biltong-manufacturing processes. *Food Control*, 21(7), 1042–1050. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2009.12.025>
- Naidoo, K., Lindsay, D., 2010b. Pathogens associated with biltong product and their in vitro survival of hurdles used during production. *Food Protection Trends*, 30(9), 532–538.
- Najjari, A., Ouzari, H., Boudabous, A., Zagorec, M., 2008. Method for reliable isolation of *Lactobacillus sakei* strains originating from Tunisian seafood and meat products. *International Journal of Food Microbiology*, 121, 342–351. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2007.11.045>
- Oliver, C. N., Ahn, B., Moerman, E. J., Goldstein, S., Stadtman, E. R., 1987. Age related changes in oxidized proteins. *Journal of Biological Chemistry*, 262(12), 5488–5491.
- O'Neill, L.M., Galvin, K., Morrissey, P.A., Buckley, D.J., 1999. Effect of carnosine, salt and dietary vitamin E on the oxidative stability of chicken meat. *Meat Science*, 52(1), 89–94. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(98\)00152-1](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(98)00152-1)
- Petit, T., Caro, Y., Petit, A.S., Santchurn, S.J., Collignan, A., 2014. Physicochemical and microbiological characteristics of biltong, a traditional salted dried meat of South Africa. *Meat Science*, 96(3), 1313–1317. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.11.003>

- Pinto, M.F., Ponsano, E.H.G., Franco, B.D.G.D.M., Shimokomaki, M., 2002. Charqui meats as fermented meat products: Role of bacteria for some sensorial properties development. *Meat Science*, 61(2), 187–191. [https://doi.org/10.1016/s0309-1740\(01\)00184-x](https://doi.org/10.1016/s0309-1740(01)00184-x)
- Rahman, M.S., Salman, Z., Kadim, I.T., Mothershaw, A., Al-Riziqi, M.H., Guizani, N., Ali, A., 2005. Microbial and physico-chemical characteristics of dried meat processed by different methods. *International Journal of Food Engineering*, 1, 1–114. <https://doi.org/10.2202/1556-3758.1016>.
- Ratsimba, A., Leroy, S., Chacornac, J. P., Rakoto, D., Arnaud, E., Jeannoda, V., Talon, R., 2017. Staphylococcal ecosystem of Kitoza, a traditional Malagasy meat product. *International Journal of Food Microbiology*, 2017(246), 20–24. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2017.02.001>
- Ratsimba, A., Rakoto, D., Jeannoda, V., Andriamampianina, H., Talon, R., Leroy, S., Arnaud, E., 2019. Physicochemical and microbiological characteristics of kitoza, a traditional salted/dried/smoked meat product of Madagascar. *Food Science & Nutrition*, 7(8), 2666–2673. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1122>.
- Vilar, I., Garcia Fontan, M. C., Prieto, B., Tornadijo, M. E., Carballo, J., 2000. A survey on the microbiological changes during the manufacture of dry-cured Lacon, a Spanish traditional meat product. *Journal of Applied Microbiology*, 89, 1018–1026. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.2000.01210.x>
- Yang, H. S., Hwang, Y. H., Joo, S. T., Park, G. B., 2009. The physicochemical and microbiological characteristics of pork jerky in comparison to beef jerky. *Meat Science*, 82(3), 289–294. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.01.029>.



AJNFS

Algerian Journal of Nutrition and Food Sciences

*An international journal edited by Institut de la Nutrition, de l'Alimentation et des Technologies Agro-Alimentaires
Université Frères Mentouri Constantine 1*