

Soumis le:12/03/2021

Forme révisée acceptée le : 19/05/2022

Auteur correspondant : bouhadidjilali@yahoo.fr



**Revue
Nature et Technologie**

<http://www.univ-chlef.dz/revuenatec>

ISSN :1112-9778 – EISSN : 2437-0312

Évaluation des caractéristiques physico-chimiques, microbiologiques et sensorielles du concentré de tomate enrichi par l'huile d'olive vierge

Djilali BOUHADI^{a,*}, Ahmed HARIRI^a, Zouaoui BENATTOUCHE^a, Fatima SAHNOUNI^b,
Nebia BOUZIDI^c, Hamza BELKHODJA^a

^aLaboratoire de Bioconversion, Génie Microbiologie et Sécurité Sanitaire, Université de Mascara, BP. 763, Sidi Saïd, 29000, Algérie.

^bUniversité de Mascara- BP. 763, Sidi Saïd, 29000, Algérie.

^cLaboratoire de recherche sur le Géo-environnement et le développement. Université de Mascara- BP. 763, Sidi Saïd, 29000, Algérie.

Résumé

Le but de notre travail est d'évaluer la qualité de la tomate concentrée enrichie par l'huile d'olive locale vierge et son effet sur les paramètres biochimiques, nutritionnels et sensoriels du concentré de tomate. L'huile d'olive utilisée présente des caractéristiques physico-chimiques identiques aux valeurs de la littérature. L'addition de 5ml de l'huile d'olive vierge dans la tomate concentrée et conservée durant 1 mois n'influe pas sur le plan physico chimique par rapport à celui du témoin en absence de l'huile d'olive. 20mL d'incorporation contribue, en plus, à une amélioration significative de la teneur en substances minérales du concentré et de la préservation des protéines et des sucres durant toute la durée de stockage contre les pertes par effet d'inhibition du développement des germes. Les analyses microbiologiques indiquent que notre produit est indemne de toute contamination, à savoir l'absence totale des *Staphylococcus aureus*, *Clostridium sulfite réducteurs*, coliformes fécaux et coliformes totaux. Par contre, on note une diminution de la flore aérobie mésophile totale en fonction de l'augmentation de la dose de l'huile d'olive vierge ajoutée. Les analyses sensorielles montrent qu'il y a une amélioration de la qualité organoleptique de nos produits du point de vue (couleur, odeur et goût), spécifiquement dans le cas de la tomate concentrée additionnée avec 20ml de l'huile d'olive vierge.

Mots-clés : Tomate concentrée ; Huile d'olive ; Conservation ; Qualité physico-chimique ; Qualité microbiologique ; Qualité sensorielle.

Evaluation of the physicochemical, microbiological and sensory characteristics of tomato concentrate enriched with virgin olive oil

Abstract

Our work aims to the quality of concentrated tomato enriched with virgin olive oil and effect on the biochemical, nutritional and sensory parameters of simple tomato. The olive oil used has physicochemical characteristics identical to the values in the literature. The addition of 5 mL of virgin olive oil in the concentrated tomato and stored for 1 month does not have a physicochemical influence compared to that of the control in the absence of olive oil. 20 mL of incorporation contributed to a significant improvement of the mineral content of the concentrate and the preservation of proteins and sugars of the tomato throughout the duration of storage against losses by inhibiting the development of germs. Microbiological analyzes indicate that the product is exempt from any contamination, especially the total absence of *Staphylococcus aureus*, reducing sulfite *Clostridium*, fecal and total coliforms. On the other hand, there is a decrease in the number of total mesophilic aerobic flora depending on the increase in the dose of virgin olive oil added. Sensory analyzes showed that there is an improvement in the organoleptic quality of the product (flavor and taste), specifically in concentrated tomatoes added with 20 mL of virgin olive oil.

Keywords: Concentrated tomato; Olive oil; Preservation; Physicochemical quality; Microbiological quality; Sensory quality.

1. Introduction

La tomate (*Lycopersicon esculentum*) constitue, après la pomme de terre, le deuxième légume frais ou

transformé, le plus consommé dans le monde [1]. Selon Gerber [2], la Chine, les États-Unis et la Turquie en sont les plus grands pays producteurs, avec plus de 11 millions de tonnes de tomate fraîche par an. La tomate



Ceci est un document en libre accès selon les termes de [Creative Commons Attribution License CC-BY](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), ce qui permet de le partager, copier, reproduire, distribuer, communiquer, réutiliser ou de l'adapter avec l'obligation de créditer son auteur.

est consommée à l'état frais, sous forme de jus, purée, sauce ou conserve. cet légume est très riche en provitamine A sous forme de terpènes caroténoïdiens qui se présentent principalement sous la forme de deux molécules : le lycopène et le bêta carotène qui sont des antioxydants très puissants participant dans les phénomènes de détoxification cellulaire et aidant dans la prévention de différentes formes de cancers [2-5]. En raison de leur efficacité et de leur application facile et pratique, l'utilisation des produits chimiques constitue la technique la plus utilisée pour lutter contre les bactéries nuisibles [6]. L'industrie de la conserve n'a cessé de chercher à se diversifier et d'évoluer, cependant, le développement du procédé de conservation des aliments est confronté au traitement thermique. Un conditionnement aseptique permettant de préserver au mieux l'intégrité des composés nutritionnels. Elle a mis au point des barèmes de stérilisation, couples temps-température [7]. Dans un établissement Agroalimentaire, la priorité doit toujours être mise sur les problèmes de qualité, l'hygiène et la salubrité. Il est donc important pour cette industrie de sauvegarder les nutriments tout au long des étapes de transformations mécanique et thermique, en prenant en compte leur impact éventuel sur la qualité nutritionnelle du produit.

Selon les chiffres avancés par l'Instance internationale de contrôle de la production d'huile d'olive, l'Algérie a produit lors de la saison 2016/2017, 66 700 tonnes d'huile d'olive contre 80 000 tonnes en 2017/2018, occupant ainsi la 9^{ème} place au niveau mondial. Cette production est destinée principalement à la consommation locale. L'huile d'olive est très appréciée surtout pour son goût caractéristique et sa valeur socioculturelle, mais aussi, grâce à ses vertus thérapeutiques, diététiques et nutritionnelles [8]. La dynamique de marché des huiles alimentaires est soutenue par une demande sans cesse croissante en ingrédients naturels, ce qui a poussé les industriels des secteurs agroalimentaire, cosmétique et pharmaceutique davantage à les intégrer dans leurs formulations. Notre recherche s'oriente vers cette optique, c'est-à-dire l'enrichissement du concentré de tomate par différentes doses de l'huile d'olive vierge en vue d'une amélioration des caractères physico chimiques, microbiologiques et organoleptiques et d'une

augmentation de la durée limite de conservation de la tomate concentrée DLC.

2. Matériels et Méthodes

2.1. Matériel végétal :

L'huile d'olive vierge utilisée provient du marché situé dans la région de Sidi Bel Abbès (à l'ouest de l'Algérie). Cette huile présente une couleur jaune foncé.

Pour la tomate, nous avons utilisés la variété de tomate d'appellation locale *Dombello* d'une forme ronde et de couleur rouge. Le choix de cette variété se justifie surtout par sa plus grande fréquence d'utilisation observée sur le marché, et aussi c'est un produit appartenant aux fruits appetisés.

2.2. Préparation du concentré de tomate

Des échantillons de concentré de tomate ont été fabriqués au laboratoire. Après, triage et découpage les tomates ont subit une étape de broyage à l'aide d'un moulin de légume. La purée de tomate obtenue a été tamisée pour éliminer et filtrer les grains. Ensuite on a établi l'opération de concentration de la purée à une 100 °C jusqu'à une consistance très épaisse. La pâte de tomate obtenue a été caractérisée par un pH de 4,5. La pâte a été ensuite appetisée à une température de 100 °C (+2 °C) dans des bains d'eau bouillante pour une durée de 25 minutes. Les conserves stérilisées sont directement refroidies à l'eau courante jusqu'à atteindre une température stable, approximativement de 35 °C au cœur de la boîte, puis enrichis avec des différentes doses d'huile d'olive vierge. Les échantillons ont été, par la suite, numérotés et conservés au réfrigérateur à 4 °C (+0,1 °C).

3. Qualité et caractéristiques physico-chimiques de l'huile d'olive vierge

La qualité et les caractéristiques physico-chimiques de l'huile d'olive vierge ont été déterminées comme suit.

3.1. Détermination de la teneur en eau

La teneur en eau et en matières volatiles est la perte de masse subie par l'échantillon après chauffage à 103 ± 2 °C selon les conditions spécifiées dans la norme internationale COI [9]. Elle est exprimée en pourcentage en masse de l'échantillon.

3.2. Détermination de la teneur en impuretés insolubles

Elle est déterminée selon la méthode normalisée [9] comme suit : une quantité de l'échantillon d'huile alimentaire est introduite dans une fiole conique et on y ajoute à la prise d'essai du n-hexane. Après avoir bouché et agité la fiole on la laisse au repos à une température voisine de 20 °C pendant environ trente minutes. Le contenu de la fiole est ensuite filtré à travers un filtre en papier (Whatman 0.1). Le papier est séché à l'air libre puis à l'étuve et est enfin pesé. La teneur en impuretés insolubles est exprimée en pourcentage en masse de l'échantillon.

3.3. Détermination de l'indice de réfraction

On le détermine selon la méthode normalisée NF 60-212 correspondant aussi à la méthode ISO 6320. L'indice de réfraction est mesuré à 20 °C à l'aide d'un réfractomètre de type Abbe après avoir essuyé la surface avec un chiffon doux, puis avec un tampon d'ouate mouillé par quelques gouttes de n-hexane [9].

3.4. Détermination de l'acidité

Elle est déterminée selon la méthode à l'éthanol normalisée NF T 60-204 [9]. On pèse environ 10 g de l'échantillon d'huile alimentaire dans la fiole conique et on dissout la prise d'essai dans environ 100 mL d'éthanol préalablement neutralisé porté avec précaution au voisinage de l'ébullition avant emploi. On titre, en agitant énergétiquement avec la solution d'hydroxyde de potassium 0,1 N jusqu'à coloration rose de la phénolphthaléine.

3.5. Détermination de l'indice de peroxyde

A une prise d'essai de 2 g, on ajoute 10 mL de chloroforme, 15 mL d'acide acétique pure et 1 mL de solution d'iodure de potassium saturée. Le flacon est bouché, agité et laissé à l'abri de la lumière pendant

5 mn. Il s'ensuit une libération d'iode par action de peroxyde sur l'iodure de potassium. 75 mL d'eau distillée sont ajoutés avec quelques gouttes d'empois d'amidon puis titré avec une solution de thiosulfate de sodium 0,01N. Parallèlement et simultanément, on prépare sans l'utilisation de corps gras un essai à blanc. L'indice de peroxyde (Ip) est exprimé en milliéquivalents d'oxygène actif par kilogramme de corps gras [9]. Toutes les analyses ont été réalisées en triple exemplaires.

4. Analyses physico-chimiques de la tomate concentrée additionnée de l'huile d'olive vierge

Les analyses physico-chimiques ont été réalisées sur les concentrés de tomate. Ces analyses permettent d'apprécier la qualité des produits à travers les paramètres suivants.

4.1. Potentiel d'hydrogène

Le potentiel d'hydrogène est une expression globale de l'acidité d'un produit. Cette expression a une valeur aussi bien physico-chimique que microbiologique puisqu'une classification officielle des conserves alimentaires d'origine végétale est faite justement sur la base de ce paramètre. Nos échantillons font partie des conserves alimentaires d'origine végétale à pH inférieur à 4,5. Les mesures de pH ont été réalisées grâce à un pH-mètre digital suivant une méthode normalisée [10].

4.2. L'acidité

Le but est de mesurer la teneur totale en acides organiques naturels. Le dosage étant effectué par titration avec une base forte (NaOH 0,1N) par virage d'un indicateur coloré (la phénolphthaléine). La concentration des acides dans les aliments, tels que les acides acétique, citrique, lactique et malique, est déterminée par titrage d'une prise d'essai à l'hydroxyde de sodium jusqu'à virage à un pH de 8,1 [11]. L'acide prédominant de la tomate est l'acide citrique monohydraté et est utilisé dans l'expression des résultats selon une méthode normalisée (NA 691) [12].

4.3. Détermination de l'extrait sec total

L'extrait sec total (EST) est déterminé à l'aide d'une étuve réglé à 103 ± 2 °C. Les prises d'essais sont mesurées à 1 mg près et la matière sèche est pourcentage pondéral par le restant après dessiccation [13].

4.4. Dosage des protéines totales

L'azote total est déterminé par minéralisation de 1 g de tomate dans un appareil de minéralisation, en présence d'acide sulfurique concentré et de catalyseur (Pastille Merck à base de CuSO_4 , K_2SO_4 et de Sélénium), suivie par une alcalinisation des produits de la réaction, d'une distillation de l'ammoniac libéré et titrage par de l'acide sulfurique N/20 jusqu'au virage selon Djeldahl. Le taux de protéines brutes est calculé en multipliant par un coefficient de 6,25 (NF V03-050) [14].

4.5. Le taux de cendres

Le taux de cendres est déterminé selon la norme NA 732/1990, qui est en parfaite concordance technique avec la norme NF V 03.760 [15], et ce par la pesée du résidu obtenu après incinération d'une prise d'essai dans une atmosphère oxydante à une température de 750 °C jusqu'à combustion complète de la matière organique.

4.6. Les sucres totaux

Les sucres totaux ont été déterminés par la méthode de Dubois, rapporté par Mitchell et Hill [3]. Un volume de tomate est mélangé avec 300 mL d'eau distillée, chauffé avec agitation jusqu'à l'ébullition pendant 30 minutes. Après le refroidissement et l'ajout d'une quantité d'acétate de plomb, le mélange est complété à un litre avec l'eau distillée. Ensuite, les substances et les impuretés ainsi précipitées ont été éliminées par des filtrations successives. Une 1^{ère} filtration permet l'élimination des protéines précipitées par l'acétate de plomb et une seconde pour éliminer le plomb précipité après l'ajout d'une quantité d'oxalate de potassium. 1 mL d'une solution de phénol à 5 %, et 5 mL d'acide sulfurique concentré est ajouté à un volume de 2 mL du 2^{ème} filtrat introduit dans des tubes à essai. Le mélange a été incubé à une température 100 °C, pendant 5 minutes, jusqu'à l'apparition d'une couleur jaune-

rouge. La lecture est effectuée par mesure de l'absorbance à une longueur d'onde de 490 nm.

4.7. Le Brix

Le Brix est le principal paramètre technologique dans les concentrés de tomate. Il représente le degré de concentration du jus de tomate. Ce paramètre fait l'objet d'une réglementation très stricte [16]. Cette concentration mesurée à 20 °C par l'indice de réfraction est exprimée par le pourcentage en masse, et est mesurée selon une méthode normalisée (NA 5669). Les résidus secs solubles représentent un critère de qualité très important sur le plan commercial et font l'objet d'une réglementation très stricte.

5. Analyses microbiologiques

Les analyses microbiologiques ont été effectuées selon le protocole du Journal Officiel de la République Algérienne N°39, 2017 [17].

5.1. Dénombrement des bactéries mésophiles

La flore aérobie mésophile totale est dénombrée sur milieu PCA. 1 mL de la dilution est inoculé en profondeur. Les boîtes sont incubées à 30 °C pendant 48 h. Tous les ensemencements se font en double.

5.1.1. Coliformes

La recherche des coliformes est réalisée en milieu liquide qui est le bouillon lactosé bilié au vert brillant (BLVBL) en appliquant la technique du Nombre le Plus Probable (NPP). Ce milieu est réparti dans des tubes à raison de 10 mL/tubes, munis d'une cloche de Durham. Après ensemencement de neuf tubes de BLBVB par échantillon, et incubation à 37 °C pendant 24 h, la lecture des résultats se fait en utilisant la table de Mac Cready.

5.1.2. Coliformes fécaux

On utilise la gélose lactosée à 0,5 ‰ de désoxycholate de sodium. Les boîtes de Pétri sont placées retournées dans une étuve à 44 ± 1 °C pendant 24 heures ± 2 h.

5.1.3. *Staphylococcus aureus*

Staphylococcus aureus est recherchée sur milieu Chapmanensemencé à la surface avec 0,1 mL de la dilution, puis incubé à 37 °C pendant 24 h à 48 h.

5.1.4. *Clostridium*

Les spores de Clostridia sont recherchées sur gélose viande foie (VF) additionnée d'alun de fer et de sulfite de sodium. Après avoir tué la forme végétative, 5 mL de la dilution 10^{-1} et 10^{-2} sont mis dans des tubes stériles et subissent un traitement thermique à 80 °C pendant 10 min. Les tubes sont ensuite refroidis à température ambiante puis 7 mL de gélose VF sont rajoutées, mélangées puis incubées pendant 24 h ou 48 h à 44 °C. Les grosses colonies noires produisant des sulfures à partir du sulfite sont des clostridies.

5.2. Analyse sensorielle

L'établissement d'un profil sensoriel pour un produit peut avoir plusieurs raisons : (i) Mise au point ou modification d'un produit ; (ii) Étude et amélioration de la durée de conservation et (iii) Établissement des propriétés perçues du produit afin de les relier à des facteurs tels que les propriétés chimiques ou physiques et/ou l'acceptabilité pour les consommateurs. Une fois la production terminée, un test hédonique est réalisé pour les échantillons préparés. Il porte sur les préférences des consommateurs et a pour but de comparer l'appréciation hédonique globale des différentes tomates concentrées en se focalisant sur les ressentis individuels liés au plaisir ou déplaisir provoqué par l'aliment. 20 dégustateurs ont été invités à noter leur appréciation sur les différents produits en utilisant des fiches de dégustation [18, 19]. L'acceptation du consommateur a été déterminée à l'aide d'une échelle.

5.3. Traitement des données

Une Analyse Factorielle Multiple (AFM) a été appliquée pour déterminer la ressemblance (dissemblance) entre les différentes concentrations de tomate avec une classification hiérarchique (CA) pour faciliter la détection des ressemblances (dissemblances). Les packages FactoMineR [25] et facoextra [26], sous

l'environnement R [27] ont été utilisés pour faire l'AFM et la CA.

6. Résultats & Discussion

6.1. Qualité physico-chimique de l'huile d'olive

L'indice d'iode nous renseigne sur le degré d'insaturation des acides gras. Notons que Kyriakidis et Katsilousis [20] n'ont pas tenu compte des acides gras tétras insaturés dans le calcul de cet indice. La valeur obtenue est de l'ordre de 90 g d'iode/100 g d'huile. Ce résultat se trouve dans les normes du Conseil Oléicole International [21].

L'indice de réfraction (n_D) des huiles dépend de la structure des acides gras et du degré d'estérification [22]. Il augmente avec le nombre d'atomes de carbone, le degré d'insaturation et de conjugaison et prend des valeurs plus élevées pour les monoglycérides que pour les triglycérides. Il est très sensible à la température, et est aussi influencé par la composition en stérols et en acides gras *trans* [23]. Toute variation de ce paramètre peut indiquer une modification de la composition glycéridique de l'huile. Le résultat obtenu n_D 1,4695 montre que cette valeur se trouve dans l'intervalle de valeurs de référence entre 1,4677 et 1,4705 à 20 °C (tableau 1).

Tableau 1
Les résultats moyens obtenus pour l'huile d'olive.

Paramètres	Résultats	Normes
Ii [g d'iode/100 g d'huile]	90 ± 3,2	75-95
n_D	1,4695 ± 0,0126	1,4677-1,4705

Ii : Indice d'iode

n_D : Indice de réfraction

L'acidité permet d'apprécier le degré d'altération par hydrolyse d'une huile. Leur détermination indique l'état de l'huile au moment de son utilisation et le comportement et la susceptibilité de notre huile à subir des altérations notamment celle oxydative. Si on se réfère à l'acidité libre exprimée en pourcentage d'acide oléique, l'huile d'olive utilisée affiche un taux d'acidité inférieur à celui de la norme décrite précédemment.

L'indice de peroxyde donne une évaluation sur la quantité de peroxydes présents dans un corps. C'est ce qui indique en fait, la quantité d'acides gras déjà rances. C'est un critère très utilisé et d'une sensibilité très satisfaisante pour déterminer les premières étapes d'une détérioration oxydative. La valeur d'indice de peroxyde

obtenue dans notre étude est inférieure à la limite fixée par la norme du COI [21] pour la catégorie d'huile d'olive vierge (20 milliéquivalent/kg).

Une teneur en eau faible est plus qu'indispensable pour la stabilité d'une huile car l'eau favorise les réactions d'altérations (surtout hydrolyse des triglycérides et libération des acides gras libres susceptible de rancir) auxquelles l'eau peut intervenir [24]. La valeur trouvée 0,18 % indique que notre huile

présente une teneur en humidité non critique dans la mesure où elle ne dépasse pas la norme prescrite qui est de l'ordre de 0,20 %.

D'après figure 1, on constate que l'huile d'olive présente une teneur d'impureté supérieure à la norme recommandée de 0,1 %. Cette augmentation est due à la présence de substances différentes, non lipidiques, qui proviennent du végétal du fait que l'huile n'a pas subi une opération de raffinage

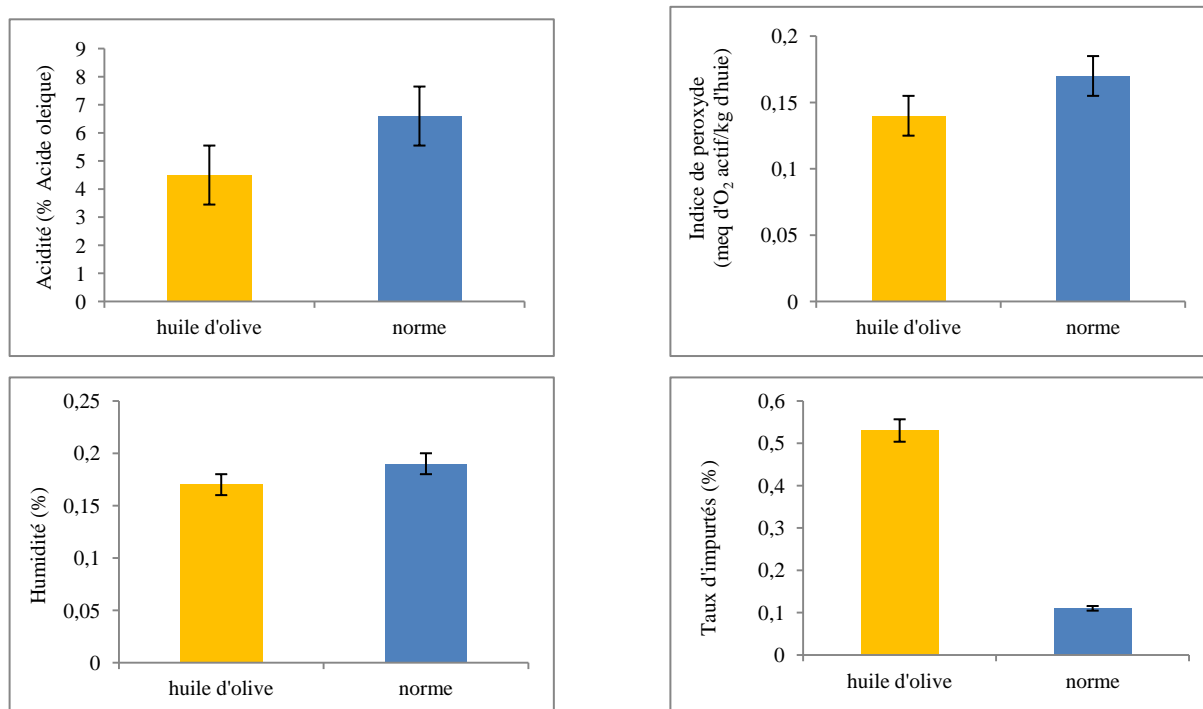


Figure 1 : Facteurs de qualité de l'huile végétale utilisée

6.1.1. Résultats des analyses physico-chimiques des tomates concentrées additionnées de l'huile d'olive vierge

Les résultats affichés dans le tableau 2 révèlent que l'ajout de l'huile d'olive à une dose 20 mL provoque une baisse l'extrait sec total (EST) à des valeurs de l'ordre de 25,93 % après 30 jours de stockage. Cet effet de dilution peut engendrer une baisse de la qualité nutritionnelle et une diminution des constituants de la tomate. La plupart des échantillons affichent des valeurs de pH acides qui varient entre 4,5 et 3,9 selon la dose de l'huile ajoutée et selon le stade de conservation. L'ajout de cette huile à la tomate à des proportions différentes accompagne un apport des acides gras et donc une baisse de pH et augmentation de l'acidité libre. Le pH

acide de la tomate concentrée lui procure un certain goût agréable et peut exercer une certaine protection contre toute attaque par des bactéries acidosensible. Les valeurs de pH suivent les variations de l'acidité du milieu. Lors du premier jour de conservation, on constate que la plupart des échantillons affichent une acidité aux alentours de 7. Cette valeur augmente progressivement avec l'augmentation du volume d'huile ajouté à la tomate.

Les éléments minéraux sont présents en petites quantités dans la matière sèche. Ils occupent un rôle important dans la composition nutritionnelle et la qualité finale du produit fini. Les résultats obtenus affichent une teneur en protéines lors du premier jour de conservation de l'ordre de 4,87 % quel que soit le type d'échantillon. L'addition de l'huile d'olive ne semble

pas provoquer une diminution du taux de protéines par effet de dilution, alors qu'on a signalé précédemment une perte au niveau de l'extrait sec total.

Concernant le taux des sucres totaux, il semble que l'ajout de l'huile d'olive à la tomate ne provoque pas une variation significative de la teneur en sucres totaux du fait de l'absence des sucres dans l'huile ajoutée.

Après 30 jours de stockage, on remarque une diminution du taux de sucres au cours du temps. Cette diminution est plus élevée dans l'échantillon (TC0) et varie progressivement en fonction de la dose de l'huile

ajoutée. Ceci peut être attribué à l'effet inhibiteur de l'huile d'olive sur le développement microbien. Plus le volume de l'huile ajoutée est élevée moins est le développement des germes. La diminution de la teneur en sucres au cours du stockage est expliquée par l'action des enzymes microbiennes sur les macromolécules glucidiques en produisant des micromolécules faciles à pénétrer dans les cellules microbiennes. La nature acide du milieu peut contribuer aussi à l'hydrolyse de ces macromolécules.

Tableau 2

Résultats des analyses physico-chimiques de la tomate concentrée additionnée de différentes doses de l'huile d'olive vierge.

Échantillons		pH	EST %	Protéines %	Sucre totaux %	Cendres %	Acidité
T0	1 jour	4,5 ± 0,91	28,4 ± 1,59	4,87 ± 1,98	15,28 ± 3,26	4,08 ± 1,13	07,01 ± 1,97
	30 jours	4,20 ± 0,81	27,92 ± 2,54	3,98 ± 0,57	13,25 ± 2,87	3,95 ± 0,97	7,11 ± 2,11
TC5	1 jour	4,43 ± 0,76	28,12 ± 3,19	4,88 ± 0,56	15,19 ± 3,49	4,90 ± 0,54	6,88 ± 0,45
	30 jours	4,28 ± 0,91	27,15 ± 2,35	4,02 ± 1,22	14,98 ± 1,28	4,04 ± 0,69	6,54 ± 1,69
TC10	1 jour	4,4 ± 0,69	27,91 ± 2,87	4,90 ± 1,58	15,18 ± 2,98	4,34 ± 0,19	7,1 ± 1,57
	30 jours	4,29 ± 0,64	26,82 ± 1,51	4,06 ± 0,64	14,26 ± 2,67	4,11 ± 0,99	7,31 ± 2,64
TC15	1 jour	4,39 ± 0,48	27,50 ± 4,59	4,90 ± 1,05	15,16 ± 2,97	4,51 ± 1,03	7,4 ± 0,88
	30 jours	4,21 ± 0,67	27,10 ± 2,67	4,05 ± 0,59	14,26 ± 3,26	4,32 ± 0,57	7,7 ± 1,57
TC20	1 jour	4,26 ± 0,25	27,08 ± 1,23	4,94 ± 0,76	15,22 ± 3,29	4,61 ± 0,67	7,77 ± 2,98
	30 jours	3,94 ± 0,89	25,93 ± 3,28	4,10 ± 1,25	15,01 ± 1,48	4,50 ± 0,98	7,90 ± 2, 11

T0 : Tomate concentrée additionnée de 0 mL de l'huile d'olive

T5 : Tomate concentrée additionnée de 5 mL de l'huile d'olive

T10 : Tomate concentrée additionnée de 10 mL de l'huile d'olive

T15 : Tomate concentrée additionnée de 15 mL de l'huile d'olive

T20 : Tomate concentrée additionnée de 20 mL de l'huile d'olive

6.2. Résultats des analyses microbiologiques des tomates concentrées additionnées de l'huile d'olive vierge

Les échantillons de tomates additionnées de l'huile d'olive ont été soumis à des contrôles microbiologiques pendant un mois à raison d'un contrôle par deux semaines. L'analyse des *Staphylococcus aureus*, *Clostridium* sulfite réducteurs, coliformes fécaux et des coliformes totaux, n'a révélé la présence d'aucun germe dans tous les échantillons préparés de tomate concentrée. Ceci témoigne d'un bon niveau d'hygiène lors de la production de la tomate et la bonne maîtrise des processus thermiques (stérilisation ou concentration). Quant à la flore aérobie mésophile totale et aux levures et moisissures, l'analyse a révélé respectivement moins de 70 microorganismes par

gramme de tomate, contre 300 par gramme de produit, tolérés par la norme. En ce qui concerne les tomates enrichies avec l'huile d'olive TC5, TC10, TC15 et TC20, on observe très bien l'effet inhibiteur de l'huile d'olive sur le développement microbien. On remarque qu'il y a une relation linéaire entre le volume de l'huile ajoutée et le taux de germes obtenus. Pour l'échantillon TC20, le taux de la flore aérobie mésophile totale lors du premier jour de conservation été de l'ordre de 10, et après 1 mois de stockage, cet échantillon affiche une valeur de 50 (11 fois moins par rapport au témoin), cet effet inhibiteur de l'huile d'olive sur la croissance microbienne peut étroitement être lié à la présence dans l'huile d'olive vierge des substances dotées de ce pouvoir inhibiteur.

6.3. Caractéristiques sensorielles des tomates

concentrées

L'épreuve de notation a permis d'identifier les critères généralement utilisés pour apprécier les concentrés de tomate devant servir à diverses préparations culinaires. Les critères généralement utilisés sont la couleur (très rouge à rouge), le goût (moins acide et moins salé), la consistance, et accessoirement, l'arôme et l'odeur. De l'analyse du tableau 3, il ressort que 50 à 60 % des dégustateurs préfèrent la couleur, l'arôme et odeur de la concentrée de l'échantillon TC20. L'acidité est diversement appréciée par les dégustateurs : 80 % des personnes

préfèrent des tomates acides de TC15 et TC20, alors que 20 % préfèrent TC5 et TC10. La consistance de la tomate est aussi un critère de qualité diversement apprécié. 40 % des sujets préfèrent des concentrés de tomate très consistants de l'échantillon TC20 et 30 % portent leur choix sur des produits peu consistants de TC15. L'analyse sensorielle effectuée par l'épreuve de notation utilisant une échelle de notation de 1 à 7 confirme que les critères acidité, arôme et odeur ne sont pas des paramètres significatifs dans l'acceptation de la concentrée de tomate ; ce sont, en premier lieu, la couleur et la consistance qui déterminent la qualité sensorielle de ce produit.

Tableau 3
Préférences sensorielles des consommateurs

	Couleur		Acidité		Consistance		Arôme et odeur	
	Niveau	%	Niveau	%	Niveau	%	Niveau	%
TC0	Très rouge	20 %	Très acide	20 %	Très consistant	20 %	Très prononcé	40 %
	Rouge	30 %	Acide	10 %	Consistant	30 %	Prononcé	40 %
	Peu rouge	30 %	Peu acide	20 %	Peu consistant	30 %	Peu prononcé	10 %
	Pas rouge	20 %	Pas du tout acide	50 %	Pas consistant	20 %	Pas prononcé	10 %
TC5	Très rouge	20 %	Très acide	20 %	Très consistant	30 %	Très prononcé	30 %
	Rouge	20 %	Acide	20 %	Consistant	30 %	Prononcé	30 %
	Peu rouge	30 %	Peu acide	10 %	Peu consistant	20 %	Peu prononcé	20 %
	Pas rouge	30 %	Pas du tout acide	50 %	Pas consistant	20 %	Pas prononcé	20 %
TC10	Très rouge	20 %	Très acide	20 %	Très consistant	30 %	Très prononcé	40 %
	Rouge	30 %	Acide	20 %	Consistant	30 %	Prononcé	40 %
	Peu rouge	30 %	Peu acide	10 %	Peu consistant	30 %	Peu prononcé	10 %
	Pas rouge	20 %	Pas du tout acide	50 %	Pas consistant	10 %	Pas prononcé	10 %
TC15	Très rouge	30 %	Très acide	30 %	Très consistant	40 %	Très prononcé	50 %
	Rouge	30 %	Acide	30 %	Consistant	40 %	Prononcé	20 %
	Peu rouge	20 %	Peu acide	20 %	Peu consistant	10 %	Peu prononcé	20 %
	Pas rouge	20 %	Pas du tout acide	10 %	Pas consistant	10 %	Pas prononcé	10 %
TC20	Très rouge	50 %	Très acide	40 %	Très consistant	40 %	Très prononcé	60 %
	Rouge	20 %	Acide	40 %	Consistant	20 %	Prononcé	30 %
	Peu rouge	20 %	Peu acide	10 %	Peu consistant	20 %	Peu prononcé	10 %
	Pas rouge	10 %	Pas du tout acide	10 %	Pas consistant	20 %	Pas prononcé	00 %

Analyse factoriels multiples (figure 2) montrent qu'il y a une amélioration de la qualité organoleptique de nos produits alimentaires du point de vue (couleur, arôme et consistance), spécifiquement chez la tomate concentrée additionnée avec 20 mL de l'huile d'olive vierge. L'analyse de variance sur l'odeur, l'acidité et la couleur des 6 échantillons de tomates montre qu'il y a

une différence hautement significative ($p < 0,01$) entre les échantillons de tomate. En effet, la richesse de l'huile d'olive en substances aromatisants volatiles procure au concentré de tomate une saveur agréable et caractéristique surtout si elle a été ajoutée en quantité suffisante.

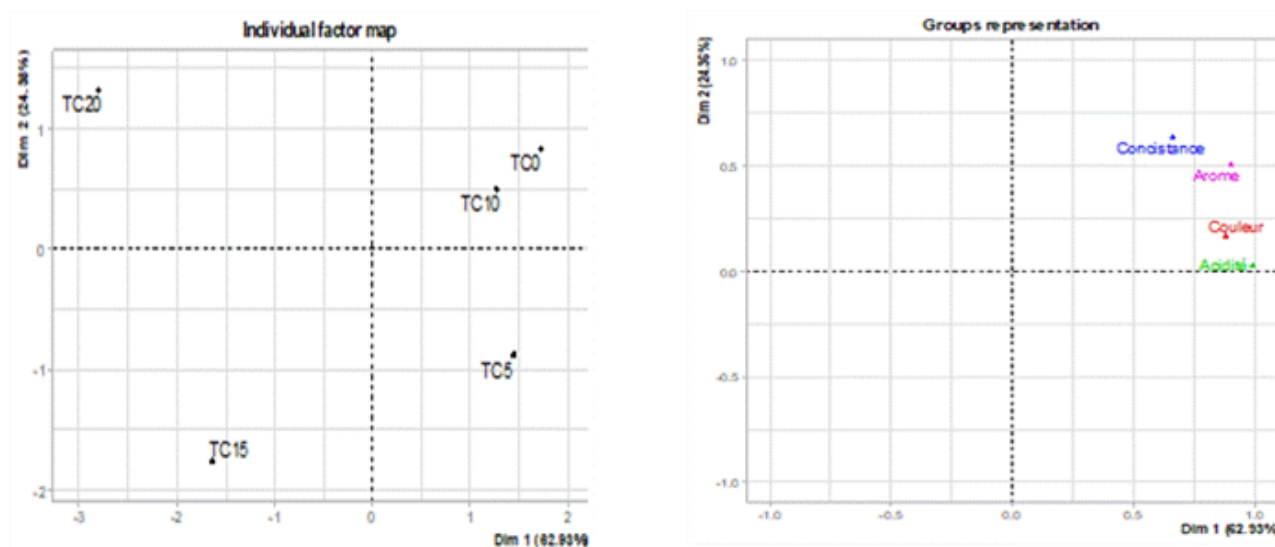


Figure 2 : Analyse factorielle multiple des individus et des groupes

D'après l'analyse de la variance, il apparaît sur la figure 3 que les tomates les plus appréciées par les dégustateurs sont en relation avec la dose croissante de l'huile d'olive vierge. Ce dernier procure une saveur agréable et caractéristique.

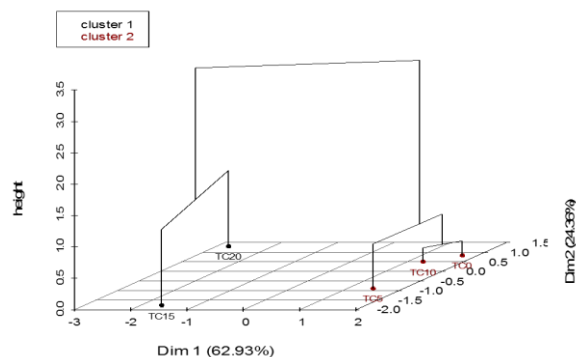


Figure 3 : Dendrogramme de similarité de variation des différents échantillons préparés du concentré de tomate enrichi par l'huile d'olive vierge.

7. Conclusion

La présente étude a été consacrée à l'évaluation des paramètres technologiques de la tomate concentrée enrichie par l'huile d'olive vierge. Les caractéristiques physico-chimiques et sensorielles ainsi que la stabilité microbiologique des purées obtenues ont été déterminées. À la suite de nos résultats, on peut déduire que la tomate concentrée additionnée de 20 mL de

l'huile d'olive vierge présente la meilleure qualité nutritionnelle, microbiologique et organoleptique avec une durée de vie plus longue que celle de la tomate témoin. La perception globale du consommateur sur la tomate confirme sa bonne acceptabilité. Cependant, l'étude doit être poursuivie avec l'utilisation d'autres matières végétales (le mélange de l'huile d'olive avec l'ail ou les graines de nigelle) dans l'enrichissement de la concentrée de tomate.

References

- [1] Agarwal S. & Rao A.V., Tomato lycopene and its role in human health and chronic diseases. CMAJ 163(6) (2000): 739-744. [HTML version]: <https://www.cmaj.ca/content/163/6/739>
- [2] Gerber M., 1999. A role for tomatoes and lycopene in the protection from chronic degenerative diseases. The result of epidemiological studies. In: Role and control of antioxidants in the tomato processing industry, Second bulletin on the advancement of research. A European Commission Concerted Action Program FAIR CT 97. 3233. 6p.
- [3] Mitchell J. & Hill S., 1991. The use of antioxidants to control polysaccharide molecular weight loss. Food News. University of Nottingham. p29.
- [4] Giovanucci E., Intakes of carotenoids and retinol in relationship to risk to prostate cancer, J. Nat. Can. Inst., 87 (23) (1995): 1767-1776. <https://doi.org/10.1093/jnci/87.23.1767>
- [5] Guil-Guerrero J.L., Reboloso-Fuentes M.M., Nutrient composition and antioxidant activity of eight tomato (*Lycopersicon esculentum*) varieties. Journal of Food Composition and Analysis, 22 (2) (2009): 123-129. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2008.10.012>
- [6] Magan N. et Olsen M., 2004. Mycotoxins in food: Detection and control, Woodhead.
- [7] Davies M., 1981. The constituents of tomato fruits: The influence of environment nutrition and genotype. CRE Reviews, Ed. Sci. N° 15-205.

- [8] Ouedrhiri M., Benismaïl C., El Mohtadi F., Achkari-Begdouri A., Évaluation de la qualité de l'huile de pulpe d'olive vierge de la variété Picholine marocaine, *Rev. Mar. Sci. Agron. Vét.*, 5 (2) (2017) : 142-148. [HTML]: https://agrimaroc.org/index.php/Actes_IAPH2/article/view/455
- [9] COI 2015. Norme commerciale applicable aux huiles d'olive et aux huiles de grignons d'olive. Conseil Oléicole International, COI/T.15/NC n° 3/Rév.8: 1- 8.
- [10] AOAC., 1984. Official methods of analysis, 14th edition, Arlington.
- [11] Board B.W., 1987. Le contrôle de la qualité dans l'industrie du traitement des fruits et légumes. Étude F.A.O., alimentation et nutrition n°39. 75 p.
- [12] Norme Algérienne NA 691 concernant les produits dérivés des fruits et légumes : détermination de la teneur en acidité titrable (H⁺) (ions inorganiques).
- [13] Norme Algérienne NA 5669 concernant les produits dérivés des fruits et légumes : détermination du résidu sec.
- [14] Norme Française NF V 03-050 concernant les produits agricoles alimentaires : Directives générales pour le dosage de l'azote avec minéralisation selon la méthode de Kjeldahl.
- [15] AFNOR, 1982. Recueil de normes françaises des céréales et produits céréaliers. 1^{er} Edition.
- [16] JORA n°35. Arrêté interministériel du 24 janvier 1998 modifiant et complétant l'arrêté interministériel du 24 août 1997 relatif aux spécifications microbiologiques de certaines denrées alimentaires, *Journal Officiel de la République Algérienne* : p. 7-25.
- [17] *Journal Officiel de la République Algérienne* N 35. (1998). Critères microbiologiques relatifs à certaines denrées alimentaires.
- [18] Stone H. & Sidel J. L., 2004, *Sensory Evaluation Practices*, London, U.K.: Elsevier Academic Press.
- [19] Thomas A. 2016. « *Analyse sensorielle temporelle descriptive et hédonique* ». Thèse de doctorat. Université de Bourgogne Franche-Comté. 325p. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01466921>
- [20] Kyriakidis N. B. et Katsilouis T, Calculation of Iodine Value from Measurements of Fatty Acid Methyl Esters of Some Oils: Comparison with Relevant American Oil Chemist's Society Method, *JAOCS*, 77 (2000): 1235-1238. <https://doi.org/10.1007/s11746-000-0193-3>
- [21] COI, 2015. Norme commerciale applicable aux huiles d'olive et aux huiles de grignons d'olive. Conseil Oléicole International, COI/T.15/NC n° 3/ Rév. 8 : 1- 8.
- [22] Gunstone F.D, 2002. *Vegetable oils in food technology: composition, properties and uses*. Blackwell Publishing Ltd (CRC Press), Boca Raton, FL. (USA), 337p.
- [23] Del Caro A., Vacca V., Poiana M., Fenu P.A.M., Piga A., Influence of technology, storage and exposure on components of extra virgin olive oil (Bosana cv) from whole and de-stoned fruits, *Food Chemistry*, 98 (2006): 311–316. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.05.075>
- [24] Wolf JP, 1991. Analyse et dosage des lipides dans Analyse des constituants alimentaires (J. L. Multoneds). *Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries Agroalimentaires*, 2ème Edition., Lavoisier-Tec & Doc. p.157-199.
- [25] Alboukadel Kassambara and Fabian Mundt, 2020. factextra: Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses. R package version 1.0.7. <https://CRAN.R-project.org/package=factextra>.
- [26] Sebastien Le, Julie Josse, François Husso, FactoMine R.: An R Package for Multivariate Analysis, *Journal of Statistical Software*, 25 (1) (2008) : 1-18. [10.18637/jss.v025.i01](https://doi.org/10.18637/jss.v025.i01)
- [27] R Core Team, 2020. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <https://www.R-project.org/>.
-