

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A. MIRA - Bejaia

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Sciences Alimentaires
Filière : Sciences Alimentaires
Spécialité : Conservation des Aliment et Emballage



Réf :

Mémoire de Fin de Cycle
En vue de l'obtention du diplôme

MASTER

Thème

**Impact du type de papier d'emballage sur
la stabilité de la margarine**

Présenté par :

ICHALLAL DALIA & OUZANE WISSAME

Soutenu le : **25/06/2024**

Devant le jury composé de :

M^{me}. AIDLI AMEL

M^{me}. MEDOUNI SONIA

M^{me}. SIDANE DJAHIDA

M^r. AZOUAOU ATHMANE

MAA

MCA

MCB

invité

Présidente

Encadrante

Examinatrice

Co-encadrant

Année universitaire : 2024 / 2025

Remerciements

En tout premier lieu, notre gratitude la plus sincère à notre Seigneur ALLAH de nous avoir donné la possibilité d'entreprendre cette étude et de nous avoir donné la force de l'achever.

Nous citons en premier lieu nos chers parents qui nous ont soutenus tout au long de notre parcours.

Nous tenons à remercier chaleureusement notre promotrice Mme SONIA Medouni, encadrante de ce mémoire, pour nous avoir soutenus tout le long du travail. en lui témoignant notre reconnaissance par son caractère sérieux, sa patience et ses conseils!

Nos sincères remerciement s'adressent à Mr LOUNES Azzouz directeur de margarinerie ,et plus particulièrement à notre co-promoteur ,chef de performance Mr ATHMANE Azouaou.

Nos vifs remerciements à toute l'équipe du laboratoire physico-chimique du complexe Agroalimentaire Cevital pour leurs aides et leurs disponibilités.



Dédicace

À ma très chère et adorée Mère

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect mon amour éternel et ma considération pour l'altruisme, la magnanimité, les sacrifices que tu as consentis pour mon instruction et mon bien être je te remercie pour tout le soutien et l'amour que tu me portes depuis mon enfance en espérant que ta bénédiction m'accompagne toujours.

A mon Vénéré père qui m'a fait hérité du gène de la Noblesse, école de mon enfance, qui a été mon ombre durant toutes les années des études, et qui a veillé tout au long de ma vie à m'encourager, à me donner l'aide et à me protéger.

« Que Dieu garde mes Nobles parents et les protège »

A mes cher frères : Mon grand frère Dani et sa femme et mon petit frère fares.

A toute personne qui occupe une place dans mon cœur, que dieu les protège et leurs offre le bonheur et langue vie.

À mes chères amies: Fatima et Melissa et Cyлина qui ont toujours été à mes côtés et avec qui j'ai partagé les meilleurs moments de ma vie .

Sans oublier ma binome Wissame pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce mémoire.

A mes amies de la promotion de master CAE

DALIA

Liste des figures

Figure 1 : Photographie de l’emballage 1	14
Figure 2 : Photographie de l’emballage 2.....	14
Figure3 :Photographie des différents échantillons prélevés pour les analyses physicochimiques.....	15
Figure 4 : Photographie de logiciel statistique Minitab18	17
Figure 5 : Résultats de l’étude de l’instrumentation R&R.....	20
Figure 6 : Diagramme de durée de stockage de la margarine, emballée par l’emballage 1, en fonction de l'indice de peroxyde.....	21
Figure 7 : Diagramme de durée de stockage de la margarine, emballée par l’emballage 2, en fonction de l'indice de peroxyde.....	22

Liste des tableaux

Tableau I : les propriétés physico-chimiques	4
Tableau II : Avantages et inconvénients des plaquettes et des pots	10
Tableau III : Les Valeurs de l'indice de peroxyde des différents emballages au cours de cinq	19
Tableau IV : Analyses organoleptiques effectuées.....	24-25

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction..... 1-2

Synthèses bibliographique

I. Généralités sur la margarine

1..Définition.....	3
2.Composition.....	3
3.Types de margarines	3
3.1. Margarine pour usage domestique	3
3.2. Margarine diététique ou spéciale (basse calories)	3
3.3. Margarine enrichie en phytostérols	4
3.4. Margarine pour l'industrie agro-alimentaire.....	4
4. Propriété physico-chimique.....	4
5.Les facteurs influençant la stabilité de la margarine.....	5
5.1. L'oxygène.....	5
5.2. La lumière.....	5
5.3. La température.....	5
5.4.Le temps de stockage.....	5
5.5.L'humidité.....	6
6. Impact sur la stabilité.....	6
7.Changements physiques	6
8.Croissance microbienne	6

II. Emballage alimentaire

1. Définition.....	7
2. Rôle de l’emballage.....	7
3. Interaction contenu /contenant.....	7
4. Type d'emballage de la margarine et leurs caractéristiques.....	8
4.1.plaquette	8
4.2.Plastique	8
4.3. Papier sulfurisé.....	8
4.4.Papier triplex.....	8
4.5. Pot	9
5. Caractéristiques de l’emballage.....	9
5.1 .Matériau	9
5.2. Forme	9
5.3. Taille.....	9
5. 4.Étiquetage.....	9
6. Avantages et inconvénients des différents types d’emballage.....	10
7. Choix de l’emballage	11
7.1. Besoins du consommateur	11
7.2. Budget.....	11
7.3. Considérations environnementales.....	11
8. Effet des propriétés physico-chimiques de l'emballage sur la stabilité des aliments.....	11
8.1. Perméabilité à l’oxygène	11
8.2. Perméabilité à la vapeur d’eau	12

Table des matières

8.3.perméabilité à la lumière.....	12
8.4. perméabilité aux Odeurs.....	12
8.5. perméabilités aux Contaminants.....	12

Partie expérimental

1. Méthodologie de l'étude.....	13
1.1. Conditions expérimentales.....	14
2. Analyses effectuées.....	14
2.1. Analyse physico-chimique	14-15
2.2. Analyse organoleptique (description organoleptique).....	16
3. Modélisation statistique et prédiction de la date de péremption à l'aide du Logiciel Minitab.....	16
3.1. Importance de la modélisation statistique pour la prédiction de la stabilité des produits alimentaires.....	16
3.2.étude de l'instrumentation R&R(répétabilité et reproductibilité).....	17
3.3. Développement du modèle de régression pour prédire la stabilité de la margarine...18	
3.4.Validation de modèle.....	18
3.5. Estimation de la date de péremption pour les différents échantillons.....	18

Résultats et discussion

I-Analyse physicochimique.....	19
I-1-indice de peroxyde.....	19
II -étude de l'instrumentation R&R.....	20
III-détermination de la durée de conservation de la margarine pour chaque type d'emballage.....	21
1-emballage 1.....	21
2-emballage 2.....	22

Table des matières

IV-analyses organoleptiques.....	23-24-25
Conclusion.....	26
Référence bibliographiques	
Résumé	

Assurer une alimentation équilibrée est essentiel pour garantir un fonctionnement optimal de l'organisme, permettant ainsi le développement harmonieux de ses diverses fonctions. Cela implique de répondre aux besoins nutritionnels en quantité et en qualité, notamment en ce qui concerne les lipides. En plus d'apporter une source d'énergie concentrée d'environ 9 kcal par gramme, ils fournissent des acides gras essentiels et des vitamines liposolubles. Leur rôle est essentiel pour assurer un bon équilibre nutritionnel et soutenir la santé globale (Nau , 2011).

Par ailleurs, L'emballage des produits alimentaire joue un rôle important dans la conservation et la protection de leur qualité organoleptiques et nutritionnelles. La margarine en tant que produit gras sensible à l'oxydation. Le choix de l'emballage est donc essentiel pour garantir sa stabilité tout au long de sa durée de vie. En effet une mauvaise protection peut entrainer une altération de ses propriétés, affectant non seulement sa texture et son gout, mais aussi sa valeur nutritionnelle. Ainsi opter pour un emballage adéquat permet de maintenir la qualité et la fraîcheur de la margarine, assurant ainsi une meilleure expérience pour les consommateurs (Lounis, 2018).

En prévoyant soigneusement le choix de l'emballage à l'aide de méthodes statistiques, les entreprises peuvent améliorer leur efficacité et réduire les coûts d'analyse. En utilisant des outils comme les logiciels statistiques, la régression et l'étude de stabilité, elles peuvent prédire précisément le type d'emballage le plus adapté pour leurs produits. Cela tient compte de facteurs tels que la fragilité du produit, les conditions de stockage et de transport. Ainsi, et les dépenses liées à l'expérimentation de plusieurs options d'emballage sont réduites (Pothet, 2015).

Dans le cadre de cette étude, nous avons examiné l'impact de la qualité de l'emballage sur la stabilité de la margarine en utilisant comme principal paramètre d'analyse l'indice de peroxyde. Nous avons évalué des échantillons de margarine emballés avec un emballage sulfurisé provenant de deux fournisseurs différents. Le suivi de l'indice de peroxyde a été réalisé sur une période de cinq jours, avec une conservation de la margarine à 25°C pour accélérer le processus d'oxydation. En parallèle, nous avons effectué des tests sensoriels pour évaluer l'impact de l'emballage sur les caractéristiques organoleptiques du produit. À l'aide du logiciel Minitab, nous avons appliqué un modèle statistique pour estimer la date limite de péremption de la margarine et comparer les performances des différents emballages afin d'identifier celui offrant la meilleure protection pour la margarine.

Cette étude est composée de trois parties essentielles :

- Une partie théorique dédiée à une synthèse bibliographique où nous présenterons des généralités sur la margarine et l'emballage.
- Une partie pratique où nous présenterons les analyses physico-chimiques de la margarine.
- Une troisième partie dans laquelle nous présenterons et interpréterons les résultats obtenus.

I-Généralités sur la margarine

Les lipides alimentaires, également connus sous le nom de matières grasses, de corps gras, d'huiles ou de graisses, constituent l'une des trois principales classes de macronutriments dans notre alimentation, aux côtés des glucides et des protéines. Parmi ces lipides, la margarine suscite un vif intérêt dans l'industrie alimentaire en raison de son impact direct sur la qualité, la sécurité et la durée de conservation des produits. Non seulement elle doit satisfaire les préférences gustatives des consommateurs, mais elle doit également répondre à des exigences en termes de stabilité physico-chimique (Bentayb,2018).

1. Définition

La margarine est une émulsion de type eau dans huile qui comprend deux phases essentielles : une phase continue appelée aussi phase grasse (Boutonnier,2006) et une phase dispersée ou phase aqueuse (Haddou, 2003). Elle contient également des additifs, tels que la lécithine, les monoglycérides, le sel, les colorants, les antioxydants, les conservateurs et les vitamines, répartis entre la phase grasse et la phase aqueuse (Boutonnier, 2021).

2. Composition

la margarine comprend environ 80 % à 82 % de lipides, 16 % à 18 % d'eau ou de lait, et environ 2 % d'additifs (Boutonnier, 2013). Souvent enrichi de vitamines A et D qui sont essentielles à diverses fonctions corporelles et sont souvent ajoutées à la margarine pour améliorer sa valeur nutritionnelle (Jong, 2022).

3.Les types de la margarine

3.1.Margarine pour usage domestique

Les margarines pour usage domestique sont généralement préparées à partir de triglycérides riches en acides gras insaturés et doivent posséder certaines propriétés essentielles (Himed, 2014). Elles doivent être facilement tartinables (Delerue,2006) et avoir des qualités organoleptiques proches de celles du beurre (Hurtaud,2001).

3.2.Margarine diététique ou spéciale (basse calories)

Les margarines dites diététiques apportant des teneurs très réduites en calories, sont spécialement fabriquées pour des personnes particulières : les sportifs, les enfants, les personnes âgées et pour les régimes d’amaigrissement (**Javaletl, 2022**).

3.3.Margarine enrichie en phytostérols

Visée à réduire de 15 à 20 % le taux de cholestérol, ce qui correspond à une réduction de plus de 40 % des risques cardiovasculaires. Elle est enrichie en phytostérols, des stérols d’origine végétale, à une dose de 8 % (**Almendingen,2000**).

3.4.Margarine pour l’industrie agro-alimentaire

Les margarines à usage industriel sont soit stables à hautes températures (graissage pour la friture), ou représente une bonne plasticité dans un large éventail de températures (biscuiterie et pâtisserie) (**Morin, 2007**).

4.Propriétés physico-chimiques

Les principales propriétés physico-chimiques de la margarine sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau I : les propriétés physico-chimiques

Propriétés	Caractéristiques	Références
Texture	Solide à température ambiante, plastique et onctueuse	(Soudant ,2011)
Couleur	Jaune pâle à jaune d'or, selon les colorants ajoutés.	(Santo, 2023)
Odeur	Légère odeur caractéristique, due aux huiles et arômes utilisés.	(Soualeh, 2016).
Saveur	Proche de celle du beurre, légèrement salée	(Delfosse ,2004)
Point de fusion	Entre 25°C et 40°C, dépend de la composition en acides gras	(Collomb, 2000)
Teneur en eau	Entre 16% et 18%	(Buscail, 2016).
Teneur en matière grasse	Entre 80% et 82%	(Ziegler, 2022).

5. Les facteurs influençant la stabilité de la margarine

5.1 L'oxygène

L'oxygène peut déclencher l'oxydation des graisses polyinsaturées présentes dans la margarine, conduisant ainsi à un rancissement et à un goût désagréable (**Rahmani, 2007**).

Cette exposition à l'oxygène peut également compromettre la stabilité de la margarine en altérant sa texture et en affectant sa couleur. De plus, la présence d'oxygène peut réduire la durée de conservation de la margarine, accélérant ainsi son processus de détérioration (**Fruehwirth, 2021**).

5.2. La lumière

L'exposition à la lumière peut entraîner la décoloration de la margarine en favorisant la dégradation des pigments naturels utilisés pour sa coloration (**Schiozer, 2007**). De plus, une exposition prolongée à la lumière peut altérer sa texture et sa saveur, accélérant ainsi le processus de rancissement (**Cuvelier, 2012**).

5.3. La température

À différentes températures, la margarine présente divers comportements susceptibles d'affecter sa qualité. À des températures élevées, elle peut fondre, perdre sa structure et se séparer, ce qui altère sa composition et peut générer des composés indésirables. Il est essentiel que la margarine maintienne sa stabilité chimique lorsqu'elle est chauffée, car des températures élevées favorisent également le rancissement des graisses, réduisant ainsi sa durée de conservation (**Sopelana, 2016**). À l'inverse, à des températures plus basses, la margarine peut devenir trop solide (**Miura, 2001**). À température ambiante, sa consistance peut varier entre molle et dure, ce qui influence directement son utilisation et ses qualités sensorielles (**Coulon, 2005**).

5.4. Le temps de stockage

Avec le temps, les graisses peuvent devenir rances en raison de l'oxydation, ce qui donne à la margarine un goût désagréable. La texture de la margarine peut également changer, devenant plus dure ou plus molle selon les conditions de stockage bien que la margarine soit généralement résistante à la contamination microbologique, des fluctuations dans les conditions de stockage peuvent compromettre sa stabilité à long terme (**Zaeromali, 2014**).

5.5.L'humidité

Une trop grande quantité d'humidité peut rendre la margarine molle et grasse, ce qui altère sa texture et son apparence. L'humidité peut également entraîner la séparation des composants de la margarine, créant ainsi une phase aqueuse et une phase lipidique distinctes (**Pădureț, 2022**).

Cette augmentation de l'humidité peut diminuer la stabilité de la margarine à la chaleur, augmentant ainsi le risque de rancissement, tout en réduisant sa durée de conservation en favorisant la croissance de moisissures et de bactéries (**Fruehwirth, 2021**).

6. Impact sur la stabilité

La dégradation chimique de la margarine est influencée par les conditions de stockage telles que la température, l'humidité et l'exposition à la lumière, qui peuvent accélérer les réactions chimiques dans le produit. Ces conditions peuvent conduire à la formation de produits de dégradation nocifs, ainsi qu'à une diminution de l'activité du produit, ce qui réduit son efficacité ou sa durée de vie (**Sopelana, 2016**).

6.1.Changements physiques

Les conditions de stockage peuvent induire des transformations physiques dans le produit. Par exemple, des températures extrêmes peuvent entraîner sa solidification ou sa liquéfaction, ce qui peut altérer sa texture ou sa performance (**Miranda, 2014**).

6.2.Croissance microbienne

Les conditions de stockage, en particulier l'humidité et la chaleur, peuvent créer un environnement propice à la croissance de micro-organismes tels que les bactéries, les moisissures et les levures (**Pfohl-Leszkowicz 2000**). Cette contamination microbienne peut entraîner la dégradation du produit. Posant ainsi des risques potentiels pour la santé des consommateurs (**Didier ,2019**).

II-Généralités sur l'emballage

L'emballage joue un rôle important dans la protection des produits contre la contamination et la dégradation. Il garantit non seulement la qualité des produits, mais il reflète également l'engagement de l'entreprise envers l'excellence et la durabilité (**Ibrahim, 2022**).

1. Définition

L'emballage est un contenant, ou un matériau servant à protéger, transporter ou mettre en valeur un produit. Il peut être réalisé dans différentes formes et matériaux, selon le produit qu'il contient et les besoins logistiques. L'emballage joue un rôle important dans la conservation, la présentation et la promotion des produits (**Polat, 2022**).

2. Rôle de l'emballage

L'emballage joue un rôle fondamental dans la protection, la conservation et l'utilisation pratique des produits, comme la margarine. Il protège le produit des dommages pendant le transport et le stockage (**Bolanca, 2020**) Et contribue à préserver sa fraîcheur et sa qualité (**Pace, 2021; Bai, 2008**). L'emballage facilite également le stockage et le transport des marchandises (**Chanrion, 2001 ; Alves, 2020**) ; et aide à identifier le produit, sa marque et ses caractéristiques (**Guillou, 2018**). De plus, il fournit des informations essentielles telles que les ingrédients, les instructions d'utilisation et les précautions d'emploi (**Unies, 2019**). Enfin, l'emballage assure une manipulation pratique pour le consommateur (**Martin, 2012 ; Monnet, 2012**).

3. Interaction contenu /contenant

D'une part les phénomènes de sorption entre l'aliment et l'emballage et les réactions qu'ils peuvent y avoir entre l'environnement interne de l'emballage et les phénomènes de pénétration qui sont les échanges de matière entre l'environnement externe et le contenu à travers l'emballage (**Dury-Brun, 2007**). Voici les aspects clés à considérer :

- **Protection et conservation du contenu** : Le contenant doit être conçu pour s'adapter parfaitement au contenu afin de le protéger efficacement contre les dommages physiques, chimiques ou environnementaux (**Bolanca, 2020**).
- **Facilité d'utilisation** : Un bon emballage doit faciliter l'accès au contenu et son utilisation (**Fauville, 2002 ; Bucchetti, 2010**).

- **Communication et information** : Le contenant peut être utilisé pour communiquer des informations importantes sur le contenu, telles que les ingrédients, les valeurs nutritionnelles (Obaidalahe, 2019).

- **Marketing et attractivité visuelle** : L'emballage joue un rôle important dans l'attrait visuel du produit et peut influencer les décisions d'achat des consommateurs. Les couleurs, les formes et les matériaux d'emballage doivent être soigneusement choisis pour mettre en valeur le contenu et attirer l'attention des clients potentiels (Alhamdi, 2020).

4. Type d'emballage de la margarine et leurs caractéristiques

Les principaux types d'emballage utilisés pour la margarine :

4.1. Plaquette

La plaquette est l'emballage le plus courant pour la margarine. La plaquette est généralement recouverte d'un film protecteur pour empêcher la margarine de s'oxyder et de se dégrader (Pirsa, 2021). Elles sont généralement fabriquées en plastique, et parfois en papier sulfurisé ou triplex pour une protection accrue contre l'humidité et les contaminants (Debbs, 2001) ; (Schönbohm, 2010).

4.2. film Plastique

L'emballage en plastique est léger, peu coûteux et offre une bonne protection contre l'humidité. Cependant, il peut poser des défis en matière de recyclage et avoir un impact environnemental négatif (Hopewell, 2009).

4.3. Papier sulfurisé

C'est un matériau traditionnel utilisé pour l'emballage de la margarine. Il offre une bonne barrière contre l'humidité et les odeurs, et permet une bonne visibilité du produit (Pirsa, 2021).

4.4. Papier triplex

Le papier triplex est un matériau composite, composé de trois couches - aluminium, papier cellulose et polyéthylène - offrant une protection robuste contre divers éléments extérieurs (Crouse, 1985 ; Lepetit, 2017).

4.5.Pot

Le pot est un autre type d'emballage courant pour la margarine. Il est généralement en verre ou en plastique et a une forme ronde ou ovale. Le pot est généralement doté d'un couvercle pour empêcher la margarine de s'oxyder et de se dégrader (**Mossé, 1997 ; Serra, 2011**).

5.Caractéristiques de l'emballage

5.1.Matériau

L'emballage peut être fabriqué à partir d'une variété de matériaux en fonction des besoins spécifiques du produit et des considérations environnementales. Les choix courants incluent le carton, le plastique, le verre, le métal et divers matériaux composites. Chaque matériau offre des avantages uniques en termes de protection, de durabilité. Le choix du matériau est crucial pour assurer la sécurité du produit, réduire l'impact environnemental et répondre aux exigences réglementaires pertinentes (**Pothen, 2015**).

5.2.Forme

La forme de l'emballage de la margarine est généralement rectangulaire ou ronde/ovale. La forme rectangulaire est plus pratique pour le stockage, tandis que la forme ronde/ovale est plus esthétique (**Pothen, 1998 ; Pothen, 2015**).

5.3.Taille

La taille de l'emballage de la margarine varie en fonction de la quantité de margarine qu'il contient. Les tailles les plus courantes sont 250g, 500g et 1kg (**Morin, 2007**).

5.4.Etiquetage

L'emballage de la margarine doit comporter un certain nombre d'informations, telles que le nom du produit, la liste des ingrédients, la valeur nutritive, la date de péremption et les instructions de conservation (**Saillard, 2012**).

6. Avantages et inconvénients des différents types d'emballage

Les principales avantages et inconvénients des différents types d'emballage sont résumés dans le tableau suivant (Ferreira, 2019).

Tableau II : avantages et inconvénients des plaquettes et des pots.

Type	Avantages	Inconvénients
Plaquette	Protection: Les plaquettes thermoformées, par exemple, offrent une protection personnalisée pour les produits fragiles (Holthaus, 2020).	Coût: La production de plaquettes peut être coûteuse, surtout pour de petites quantités (Flahou, 2020); (Bouet, 2020).
	Hygiène: Certaines plaquettes sont conçues pour protéger les aliments de la contamination (Boisseau, 2020).	Impact environnemental: selon le matériau utilisé (plastique, aluminium), l'impact environnemental peut être important (Desole MP, 2024); (Gisario A, 2024).
Pot	Réutilisables: Les pots en verre peuvent être réutilisés ou recyclés (Lasne, 2023).	Fragilité: Les pots en verre sont fragiles et peuvent se casser (Barthel E, 2022).
	Protection: Ils protègent les produits de l'air, de l'humidité et des contaminants (Viglino D, 2023).	Poids: Les pots en verre peuvent être lourds, ce qui augmente les coûts de transport (Serra, 2011).
Plastique	Légèreté: Le plastique est léger, ce qui réduit les coûts de transport (Boucher, 2020); (Friot, 2020).	Impact environnemental: Le plastique met des centaines d'années à se dégrader et pollue les océans (Erzinger G, 2023); (Gabriel D, 2023).
	Durabilité: Il offre une bonne protection contre les chocs et l'humidité (Delannoy G, 2018).	Santé: Certains plastiques peuvent contenir des substances nocives pour la santé (Zimmermann L, 2019).

7.Choix de l'emballage

Le choix de l'emballage de la margarine dépend de plusieurs facteurs, tels que les besoins du consommateur, le budget et les considérations environnementales (**Gontard, 2017**).

7.1.Besoins du consommateur

Les consommateurs qui recherchent un emballage léger et peu coûteux peuvent choisir la plaquette. Les consommateurs qui recherchent un emballage durable et esthétique peuvent choisir le pot (**Pothen, 2015**).

7.2.Budget

La plaquette est généralement moins chère que le pot .

7.3.Considérations environnementales

Le verre est un matériau recyclable, tandis que le plastique ne l'est pas toujours. Les consommateurs soucieux de l'environnement peuvent choisir le pot en verre (**Feo, 2022**).

8.Effet des propriétés physico-chimiques de l'emballage sur la stabilité des aliments

Les propriétés physico-chimiques de l'emballage jouent un rôle crucial dans la stabilité des aliments en influençant les échanges de gaz, de vapeur d'eau et d'autres substances entre l'aliment et l'environnement extérieur. Une bonne compréhension de ces propriétés est essentielle pour la conception d'emballages optimisés qui préservent la qualité et la sécurité des aliments pendant leur stockage et leur distribution (**Conte, 2013**).

8.1.Propriétés importantes de l'emballage

8.1.1.Perméabilité à l'oxygène

Un taux d'oxygène élevé peut favoriser le rancissement des lipides, la croissance microbienne et la dégradation des vitamines. Un emballage à faible perméabilité à l'oxygène est donc important pour les aliments sensibles à l'oxydation, tels que les huiles, les noix et les produits de viande (**Sahraee, 2019**).

8.1.2.Perméabilité à la vapeur d'eau

La perméabilité à la vapeur d'eau d'un matériau est définie comme la vitesse à laquelle la vapeur d'eau le traverse. Pour les emballages alimentaires, il est important de contrôler la perméabilité à la vapeur d'eau afin de maintenir le niveau d'humidité optimal pour l'aliment (Siracusa V,2012).

8.1.3.Propriétés barrières

En plus de la perméabilité aux gaz et à la vapeur d'eau, l'emballage doit également protéger l'aliment contre d'autres substances telles que la lumière, les odeurs et les contaminants (Gallo, 1999).

8.1 .4.Perméabilités à la Lumière

La lumière peut dégrader certains composés des aliments, tels que les vitamines et les pigments. Un emballage opaque ou avec une barrière UV est donc important pour les aliments sensibles à la lumière, tels que la bière, les jus de fruits et les produits laitiers (Passaretti, 2019).

8.1.5. Perméabilités aux Odeurs

L'emballage doit empêcher la migration des odeurs vers ou depuis l'aliment. Cela est particulièrement important pour les aliments à forte odeur, tels que les épices, le fromage et le café (Vera, 2019).

8.1.6.Perméabilités aux Contaminants

L'emballage doit protéger l'aliment contre les contaminants microbiens et chimiques. Cela est essentiel pour garantir la sécurité des aliments (Chauvet, 2000).

L'objectif principal de cette étude est d'évaluer l'impact de l'emballage sur la stabilité et la durée de conservation de la margarine Fleurial. Pour ce faire, nous avons analysé deux échantillons de margarine emballés avec un emballage type papier sulfurisé provenant de deux fournisseurs distincts. L'utilisation du logiciel statistique Minitab nous a permis d'analyser les données collectées sur la variation de l'indice de peroxyde au cours cinq jours, un indicateur clé de l'oxydation des lipides dans la margarine. L'objectif était d'identifier quel emballage offre la meilleure protection pour préserver la qualité et la fraîcheur du produit sur une période définie. Cette étude a été conduite au laboratoire d'analyses physico-chimiques de la margarinerie Cevital, garantissant des conditions contrôlées pour une évaluation précise des performances des emballages.

I.Méthodologie de l'Étude

La méthodologie de l'étude est une étape importante pour garantir la rigueur scientifique et la validité des résultats obtenus. Elle comprend la description détaillée des échantillons de margarine, les conditions expérimentales spécifiques sous lesquelles l'étude est menée, et le paramètre d'analyse sélectionné pour évaluer la stabilité du produit, à savoir l'indice de peroxyde.

Pour cette étude, nous avons analysé des échantillons de margarine en testant un emballage sulfurisé provenant de deux différents fournisseurs. Les emballages choisis incluent :

- Papier sulfurisé avec fournisseur A : Emballage 1 (**Figure 1**).
- Papier sulfurisé avec fournisseur B : Emballage 2 (**Figure 2**).

Il est à noter que les échantillons de margarine proviennent de la même production, garantissant ainsi une composition homogène. Chaque échantillon contient des additifs communs tels que des émulsifiants, des antioxydants et des conservateurs. Les échantillons sont préparés de manière standardisée afin de minimiser les variations internes qui ne seraient pas dues aux différences d'emballage.



Figure 1 : photographie de l'emballage 01 **Figure 2** : photographie de l'emballage 02

1.1. Conditions expérimentales

L'étude est conduite sur une période d'une semaine, avec un stockage des échantillons de margarine à une température de 25°C. Cette température élevée est choisie pour accélérer le processus d'oxydation et permettre une observation plus rapide des effets de chaque type d'emballage sur la stabilité de la margarine.

Les échantillons sont stockés dans des conditions contrôlées pour garantir l'uniformité des résultats et éviter les variations dues à des facteurs externes.

2. Analyses effectuées

2.1. Analyse physico-chimique : Détermination de l'indice de peroxyde

L'indice de peroxyde est utilisé comme principal paramètre d'analyse pour cette étude. Cet indice mesure le degré d'oxydation des lipides dans la margarine, indiquant ainsi la quantité de peroxydes formés, qui sont les premiers produits de l'oxydation des graisses. Un indice de peroxyde élevé est synonyme de rancissement et de dégradation du produit, affectant sa qualité organoleptique et sa sécurité alimentaire (Fruehwirth, 2021).

Le protocole utilisé pour mesurer l'indice de peroxyde est conforme à celui spécifié par la norme ISO 27107. Une quantité de 5 g de margarine a été pesée avec une précision de 0,01 g dans un flacon. Ensuite, 12 ml de chloroforme et 18 ml d'acide acétique ont été ajoutés, suivis de 1 ml de la solution d'iodure de potassium (préparée avec 1 ml d'eau distillée et 0,5 g d'iodure de potassium). Le flacon a été immédiatement bouché, agité pendant 1 minute, puis laissé à l'abri de la lumière pendant 1 minute à une température comprise entre 15 et 25 °C. Par la suite, 75 ml d'eau distillée ont été ajoutés en agitant vigoureusement. En présence de quelques gouttes d'empois d'amidon comme indicateur, l'iode libéré a été titré avec une solution de thiosulfate de sodium 0,01 N.

Cette méthodologie permet de comparer de manière objective l'efficacité des différents types d'emballage en termes de préservation de la qualité de la margarine. Les données collectées seront ensuite analysées statistiquement à l'aide du logiciel Minitab pour prédire la date de péremption de la margarine en fonction du type d'emballage utilisé et pour identifier l'emballage le plus efficace pour prolonger la durée de conservation du produit.



Figure 3 : Photographie des différents échantillons prélevés pour les analyses physicochimique.

2.2. Analyse organoleptique (description organoleptique)

Dans cette étude, nous avons évalué les propriétés organoleptiques de la margarine à différents intervalles de temps pour observer l'évolution de ses caractéristiques sensorielles. L'analyse a porté sur la couleur, le goût, la texture et l'odeur de la margarine sur une période

de cinq jours. Cette évaluation a été essentielle pour détecter toute altération perceptible au fil du temps, permettant ainsi une évaluation précise de la qualité et de la stabilité du produit dans des conditions de stockage contrôlées.

3.Modélisation statistique et prédiction de la date de péremption à l'aide du Logiciel Minitab

3.1.Importance de la modélisation statistique pour la prédiction de la stabilité des produits alimentaires

La modélisation statistique joue un rôle important dans la prédiction de la stabilité des produits alimentaires, car elle permet de comprendre et de quantifier les relations complexes entre les variables expérimentales et les réponses de stabilité des aliments. Les produits alimentaires, tels que la margarine, sont soumis à diverses influences environnementales et procédurales qui peuvent altérer leur qualité au fil du temps. La modélisation statistique permet d'analyser ces influences de manière systématique et rigoureuse, offrant ainsi une méthode fiable pour prévoir la durée de conservation des produits **(Inungaray, 2013)**.

L'une des principales raisons pour lesquelles la modélisation statistique est essentielle réside dans sa capacité à traiter de grandes quantités de données et à identifier des tendances et des motifs qui ne seraient pas immédiatement apparents par des moyens d'analyse simples. Par exemple, des facteurs tels que la température, l'humidité, l'exposition à la lumière et le type d'emballage peuvent tous interagir de manière complexe pour affecter la stabilité d'un produit alimentaire. Les techniques statistiques, telles que la régression multiple, l'analyse de variance (ANOVA) et les modèles de survie, permettent d'évaluer l'effet simultané de plusieurs variables et de déterminer les conditions optimales de stockage et de conservation **((Rosso, 1995 ; Vitrac, 2011)**.

En utilisant des outils logiciels sophistiqués comme Minitab, les chercheurs et les industriels peuvent construire des modèles prédictifs précis qui simulent les conditions réelles de stockage et de distribution. Ces modèles peuvent ensuite être utilisés pour estimer la date de péremption des produits alimentaires, en tenant compte des variations dans les conditions de stockage. Par exemple, un modèle de régression peut prédire comment l'indice de peroxyde de la margarine évolue en fonction du type d'emballage et des conditions de température. Cette prédiction permet non seulement de garantir la qualité et la sécurité des produits pour

les consommateurs, mais aussi d'optimiser les processus de production et de logistique en réduisant les pertes dues à des produits périmés (Tamplin, 2017).

De plus, la modélisation statistique offre une base scientifique pour l'établissement de normes de qualité et de réglementation dans l'industrie alimentaire. Les autorités réglementaires et les entreprises peuvent s'appuyer sur des modèles validés pour définir des critères de stabilité et des durées de conservation appropriées, assurant ainsi une protection adéquate des consommateurs. En résumé, la modélisation statistique est un outil indispensable pour la prévision de la stabilité des produits alimentaires, permettant d'améliorer la qualité, de garantir la sécurité alimentaire et d'optimiser les chaînes d'approvisionnement (Taeymans, 2000).



Figure 4 : Photographie de logiciel statistique Minitab18 .

3.2.L'étude de l'instrumentation R&R (Répétabilité et Reproductibilité)

Cette analyse vise à évaluer la précision des instruments de mesure utilisés pour vérifier les caractéristiques du produit au cours du temps. Elle inclut également l'évaluation de l'opérateur pour assurer que les instruments de mesure et les personnes qui les utilisent sont fiables, et que les données recueillies sont précises. Ceci est essentiel pour une évaluation correcte de l'impact de la qualité de l'emballage sur la stabilité de la margarine.

3.3. Développement du modèle de régression pour prédire la stabilité de la margarine

Les modèles de prédiction de la date de péremption sont essentiels pour estimer la durée pendant laquelle un produit alimentaire reste stable et consommable. Ces modèles utilisent des données expérimentales pour prédire le moment où un produit ne sera plus sûr ou agréable à consommer (Tarlak, 2023).

Un modèle de régression linéaire est développé pour chaque type d'emballage. Ce modèle prend en compte :

- **Le temps de stockage** : Variable indépendante.
- **L'indice de peroxyde** : Variable dépendante.

L'équation de régression est formulée pour chaque type d'emballage, permettant de prédire l'indice de peroxyde à tout moment donné (Songre-Ouattara, 2017).

3.4. Validation de modèle

La validation du modèle est essentielle pour assurer sa fiabilité. La performance du modèle est évaluée à l'aide du coefficient de détermination (R^2), qui mesure la qualité de l'ajustement du modèle (Oredeim, 2011 ; Gupta, 2013).

3.5. Estimation de la date de péremption pour les différents échantillons

En utilisant les modèles de régression validés, la date à laquelle l'indice de peroxyde atteint un seuil critique (indiquant rancissement) est estimée pour chaque type d'emballage, permettant de déterminer la date de péremption prévue (Lagardère, 2004 ; Farhoosh, 2013).

Les résultats des analyses statistiques sont comparés pour évaluer la stabilité de la margarine dans chaque type d'emballage.

I. Analyse physicochimique

I.1. Indice de peroxyde

Les résultats de l'étude sur l'indice de peroxyde, évalué sur une période de cinq jours pour deux échantillons de margarine emballés avec des emballages provenant de deux fournisseurs différents, sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau III : Valeurs de l'indice de peroxyde (m_{éq} O₂/kg) des différents emballage au cours de cinq jours

Jour	J0	J1	J3	J4	J5
Emballage de fournisseur 1	0,3	0,32	0,6	0,88	0,92
Emballage de fournisseur 2	0,3	0,34	0,62	0,94	1

Les résultats révèlent une augmentation de l'indice de peroxyde pour les deux échantillons étudiés au cours des cinq jours, ce qui suggère une oxydation progressive des lipides dans la margarine due à l'exposition à l'air. Celle du premier fournisseur s'est abîmée un peu moins vite que celle du deuxième.

Au début de l'étude (J0 et J+1), les indices de peroxyde pour les deux fournisseurs sont très proches, à 0,3. À partir du jour J+2, les valeurs commencent à diverger légèrement, avec l'emballage du fournisseur 2 montrant des valeurs légèrement plus élevées que celui du fournisseur 1. Cette différence suggère que l'emballage du fournisseur 2 pourrait offrir une protection légèrement inférieure contre l'oxydation des lipides, pouvant résulter d'une perméabilité à l'oxygène légèrement plus élevée ou d'une protection antioxydante moindre par rapport à celui du fournisseur 1.

Ces observations soulignent l'importance critique de la qualité de l'emballage dans la préservation de la stabilité des produits alimentaires comme la margarine. Un emballage efficace doit minimiser l'exposition à l'oxygène pour prévenir l'oxydation des lipides, ce qui peut altérer la qualité sensorielle, la sécurité sanitaire et la durée de conservation des produits.

II. Etude de l'instrumentation R&R (reproductibilité)

L'étude R&R (Reproductibilité et Répétabilité) vise à évaluer la précision et la fiabilité d'un système de mesure. En d'autres termes, représente la variation observée lorsque la même personne mesure plusieurs fois le même élément. Les critères généraux pour évaluer la capacité du système de mesure sont les suivants :

- Moins de 10% : acceptable
- Entre 10% et 30% : limite
- Plus de 30% : inacceptable

Les résultats de cette étude montrent que la variation de la mesure constitue 100 % de la variation spécifique au processus analysé, représentant ainsi 5,8 % de la variation totale observée (figure 5). Cela signifie que le système de mesure est capable de répéter et de reproduire un test de manière cohérente, ce qui est essentiel pour assurer la fiabilité et la validité des résultats obtenus. En répétant le test, le système peut vérifier la cohérence et la précision des données recueillies, confirmant ainsi la reproductibilité des résultats à différents moments ou dans des conditions variées. Cette capacité de répétition garantit que le système est qualifié pour fournir des mesures fiables et précises.

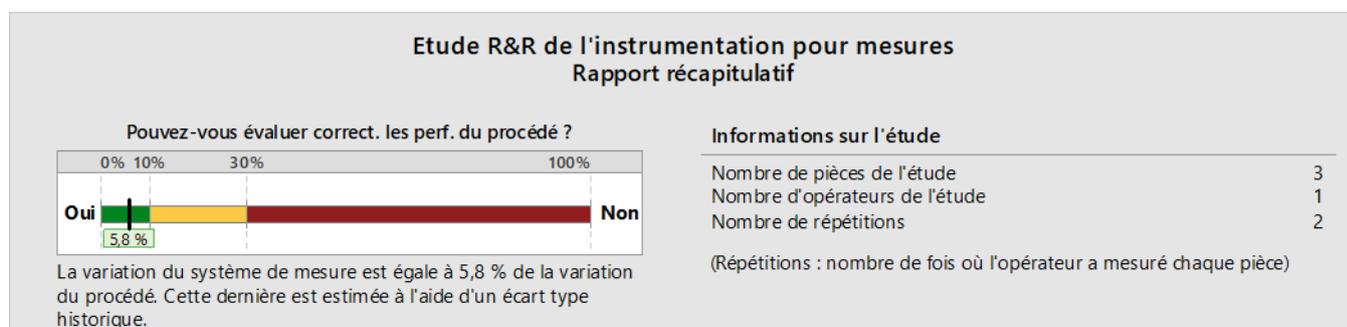


Figure 5: Résultats de l'étude de l'instrumentation R&R

III. Détermination de la durée de conservation de la margarine pour chaque type d'emballage

III.1. Emballage 1

Le suivi de l'indice de peroxyde pour la margarine emballée par l'emballage 1 (issu du fournisseur 1) à une température de 25°C, effectué chaque jour pendant cinq jours, est indiqué dans la figure 6. L'indice de peroxyde (IP) et la limite supérieure (LS) sont représentés pour évaluer la stabilité du produit. La figure 6 montre le diagramme de durée de stockage selon le paramètre indice de peroxyde obtenu par le logiciel Minitab. L'équation de régression pour l'emballage 1 est la suivante :

$$IPEmballage1 = -0,212 + 0,1998 \times \text{Jour}$$

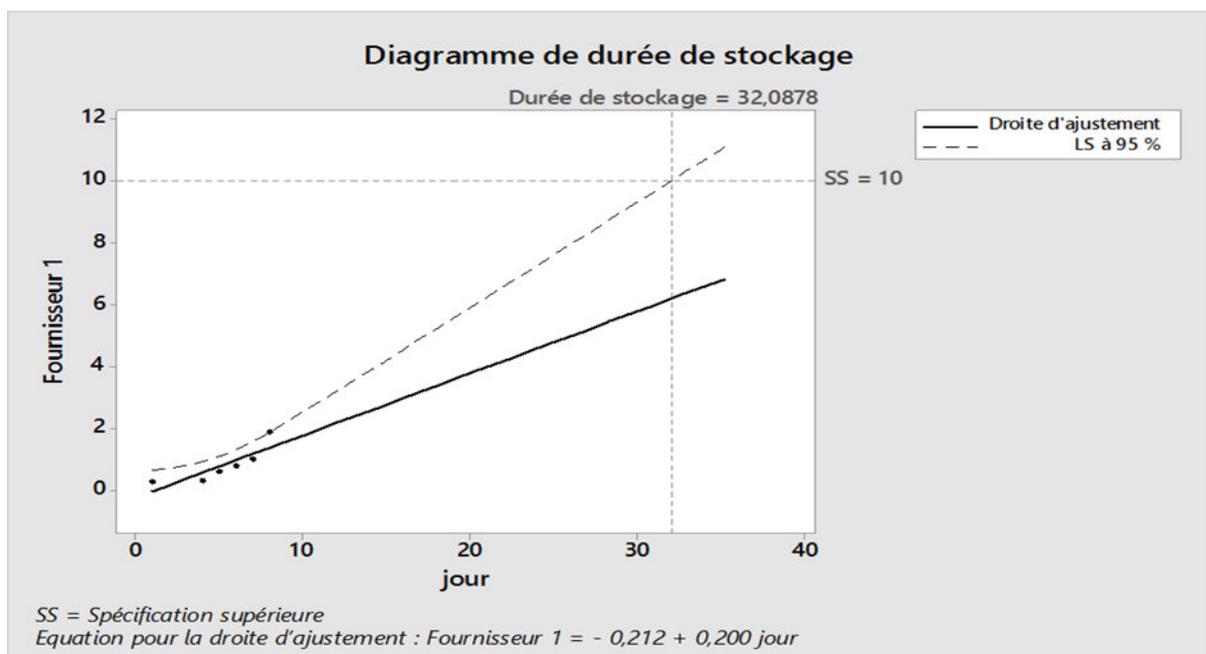


Figure 6: Diagramme de durée de stockage de la margarine, emballée par l'emballage 1, en fonction de l'indice de peroxyde

La limite de spécification supérieure (LS) est fixée à 10. La durée de stockage est définie comme la période pendant laquelle on peut être sûr à 95 % qu'au moins 50 % de la réponse se trouvent au-dessous de cette limite. Selon les résultats, la durée de stockage est estimée à 32,0878 jours à 25°C. Cela signifie que la durée de conservation de la margarine est d'environ 32,0878 jours, avec une certitude de 95 % que l'indice de peroxyde restera inférieur à la limite de spécification supérieure de 10 pendant cette période.

La margarine, laissée dans les conditions de stockage contrôlées, pendant toute la semaine, a montré que l’emballage du premier fournisseur atteindrait un indice de peroxyde de 10 après environ 32,0878 jours. Cette durée spécifique est importante pour déterminer la qualité et la sécurité du produit, indiquant le point au-delà duquel le niveau d’oxydation pourrait compromettre la qualité et la sécurité de la margarine.

III.2.Emballage 2

Les résultats obtenus concernant l’emballage 2, sont montrés dans la figure 7. L’équation de régression pour l’emballage 2 est la suivante :

$$IPEmballage1 = -0,266 + 0,2741 \times \text{Jour}$$

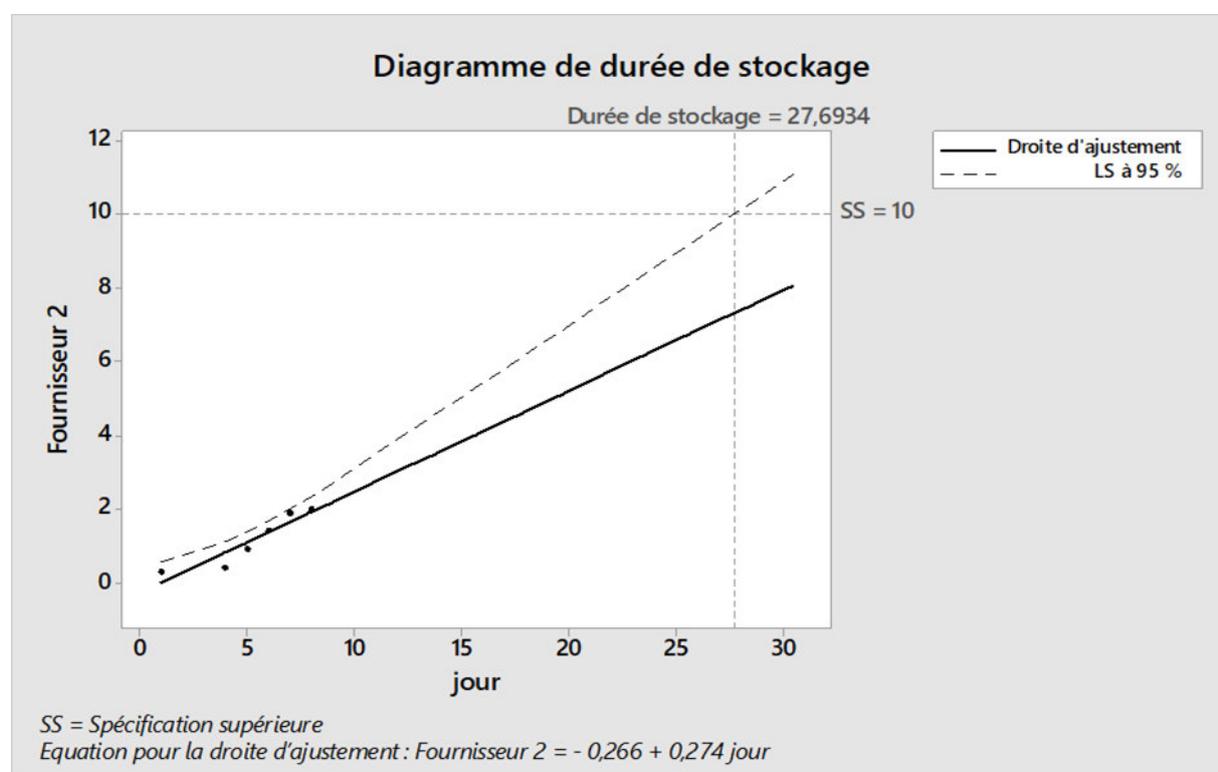


Figure 7: Diagramme de durée de stockage de la margarine, emballée par l’emballage 2, en fonction de l’indice de peroxyde

Les résultats illustrés dans la figure 7 révèlent que la margarine emballée avec le matériau du deuxième fournisseur a atteint un indice de peroxyde de 10 au bout de **27,6934** jours à 25°C. Cette constatation est significative car elle indique que la concentration de peroxyde dans le produit a atteint un seuil critique en moins de 28 jours. Une concentration de peroxyde aussi élevée peut altérer la qualité du produit en raison de l’oxydation des graisses, entraînant des modifications organoleptiques telles que le goût et l’odeur rances.

• *Comparaison entre l'Emballage 1 et Emballage 2*

Nos résultats démontrent de manière significative que la stabilité à l'oxydation de la margarine varie en fonction du type d'emballage utilisé. Les données présentées dans les figures 6 et 7 indiquent que la margarine conditionnée par le fournisseur 1 a atteint un indice de peroxyde de 10 après 32,0878 jours, comparativement à 27,6934 jours pour celle du fournisseur 2, suggérant une oxydation plus rapide dans ce dernier cas.

Cette différence de près de 4,4 jours indique que l'emballage du fournisseur 1 est plus efficace pour retarder l'oxydation des graisses, contribuant ainsi à une meilleure stabilité du produit.

Une concentration élevée de peroxyde, comme celle observée dans la margarine du fournisseur 2 après environ 28 jours, peut altérer la qualité du produit. Les produits peroxydés peuvent développer des goûts et des odeurs désagréables, réduisant ainsi l'acceptabilité du produit pour les consommateurs. De plus, une oxydation accrue peut affecter la texture et la couleur de la margarine, compromettant ses propriétés organoleptiques.

En comparaison, l'emballage du fournisseur 1, qui maintient une concentration de peroxyde en dessous du seuil critique pendant une période plus longue, est plus susceptible de conserver ses qualités sensorielles et nutritionnelles sur une durée prolongée. Cela souligne l'importance de choisir des matériaux d'emballage offrant une protection supérieure contre l'oxydation.

Les résultats de cette étude démontrent clairement que le choix de l'emballage a un impact significatif sur la stabilité et la durée de conservation de la margarine. L'emballage fourni par le fournisseur 1 s'est révélé plus efficace pour préserver la qualité du produit, offrant une durée de conservation plus longue et une meilleure résistance à l'oxydation. Ces matériaux devraient offrir une meilleure barrière à l'oxygène et à la lumière, minimisant ainsi les réactions oxydatives.

IV. Analyses organoleptiques

Les résultats des analyses organoleptiques obtenus dans la présente étude sont récapitulés dans le tableau IV.

Les résultats de l'analyse organoleptique des échantillons de margarine emballés dans deux types d'emballages mettent en lumière une corrélation directe entre la détérioration sensorielle et la qualité de l'emballage. Les observations montrent que les échantillons emballés dans l'emballage du fournisseur 1 ont généralement présenté une détérioration moins prononcée par rapport à ceux emballés dans l'emballage du fournisseur 2. Premièrement, en ce qui concerne la couleur, la margarine emballée avec l'emballage du fournisseur 1 conserve une couleur jaune pâle plus longtemps, ne devenant légèrement jaune qu'au quatrième jour, tandis que celle du fournisseur 2 devient jaune foncé dès le quatrième jour, indiquant une oxydation plus rapide. Cela suggère que l'emballage du fournisseur 1 offre une meilleure protection contre l'oxydation, limitant ainsi la modification de couleur associée à l'oxydation des graisses.

Tableau IV : Analyses organoleptiques effectuées

Jours	caractéristiques	Emballage de fournisseur 1	Emballage de fournisseur 2	observations
Jour 0-2	couleur	Jaune pâle	Jaune pâle	Aspect initial
	Goût	Doux, neutre	Légèrement amer	Apparition d'une légère amertume pour le fournisseur 2
	Texture	Lisse, crémeux	Légèrement grumeleuse	Début de modification de la texture pour le fournisseur 2
	Odeur	Légèrement gras	Légèrement acide	Développement d'une légère acidité pour le fournisseur 2
Jour 3-4	Couleur	Jaune pâle foncé	Jaune foncé	Jaunissement marqué pour les deux emballages
	Goût	Rance amère	Très Rance et amère	Détérioration gustative accélérée pour le fournisseur 2
	Texture	Huileux séparé	Très huileux et séparée	Séparation des phases importante pour les deux emballages
	Odeur	Rance, aigre	Très rance et aigre	Odeur très désagréable pour les deux emballages ,plus prononcée pour le fournisseur 2

Deuxièmement, en termes de goût, les échantillons emballés dans l'emballage du fournisseur 1 ont conservé un goût relativement neutre et moins altéré pendant les premiers jours, alors que ceux dans l'emballage du fournisseur 2 ont développé des notes rances et amères plus précocement. Cette différence indique que l'emballage du fournisseur 1 pourrait mieux préserver les propriétés gustatives de la margarine, probablement en réduisant la perméabilité à l'oxygène ou en améliorant la protection antioxydante.

Troisièmement, sur le plan de la texture, les margarines emballées dans l'emballage du fournisseur 1 ont maintenu une texture plus lisse et crémeuse pendant une plus longue période, tandis que celles dans l'emballage du fournisseur 2 ont montré une tendance à devenir grumeleuses et à se séparer plus rapidement. Cela suggère que l'emballage du fournisseur 1 maintient mieux l'homogénéité de l'émulsion lipidique, essentielle pour une texture agréable et uniforme.

Enfin, concernant l'odeur, les échantillons emballés dans l'emballage du fournisseur 1 ont conservé une odeur plus neutre et moins altérée au début de l'étude, tandis que ceux dans l'emballage du fournisseur 2 ont développé des notes plus acides et rances plus tôt. Cela pourrait indiquer une meilleure protection de l'émulsion contre la détérioration chimique dans l'emballage du fournisseur 1.

Ces observations démontrent que la qualité de l'emballage joue un rôle essentiel dans la préservation des caractéristiques organoleptiques de la margarine. Un emballage efficace peut retarder l'oxydation des graisses, préserver la texture et l'homogénéité de l'émulsion, ainsi que maintenir le goût et l'odeur du produit sur une période prolongée. Ces résultats soulignent l'importance de choisir judicieusement l'emballage afin de garantir la qualité et la satisfaction sensorielle des consommateurs tout au long de la durée de conservation du produit.

Dans cette étude, nous avons exploré l'impact essentiel de la qualité de l'emballage sur la stabilité et la conservation de la margarine, en utilisant comme principaux paramètres d'analyse l'indice de peroxyde, les analyses organoleptiques et en évaluant emballage type papier sulfurisé provenant de deux fournisseurs distincts. L'utilisation du logiciel Minitab a été important pour appliquer des modèles statistiques permettant de déterminer la durée de conservation des échantillons de margarine et d'évaluer l'efficacité de chaque type d'emballage dans la préservation de la qualité du produit.

Les résultats obtenus à travers l'indice de peroxyde ont démontré que l'emballage joue un rôle décisif dans la protection contre l'oxydation des graisses présentes dans la margarine. Notamment, l'emballage du fournisseur 1 a montré une capacité supérieure à maintenir des niveaux d'indice de peroxyde plus bas sur une période prolongée par rapport à celui du fournisseur 2, indiquant une meilleure barrière à l'oxygène et une meilleure stabilité du produit.

Parallèlement, les analyses organoleptiques ont révélé une corrélation directe entre la détérioration de la qualité sensorielle de la margarine et l'évolution de l'indice de peroxyde. Au fur et à mesure que l'indice de peroxyde augmentait, la margarine présentait des altérations perceptibles de couleur, de goût, de texture et d'odeur, passant d'une apparence jaune pâle et d'un goût doux à des caractéristiques plus foncées, rances et huileuses.

Cette recherche apporte une contribution significative à la compréhension des stratégies d'emballage dans l'industrie alimentaire. Elle souligne l'importance de l'intégration de technologies telles que le logiciel Minitab pour une évaluation précise des performances des emballages, offrant ainsi des perspectives précieuses pour l'innovation continue dans le domaine de la conservation des aliments.

Pour approfondir nos conclusions actuelles et ouvrir de nouvelles perspectives de recherche, plusieurs axes peuvent être envisagés :

- Il serait bénéfique d'explorer davantage les matériaux d'emballage innovants et durables qui pourraient offrir une meilleure protection contre l'oxydation des graisses. Cela inclut l'utilisation de revêtements spéciaux, de films barrières améliorés pour préserver la fraîcheur et la qualité des produits alimentaires sur une période prolongée.
- Poursuivre les études pour évaluer la performance des emballages sur une période plus longue que cinq jours. Cela permettrait de mieux comprendre comment différents types

d'emballages résistent à l'oxydation et maintiennent la qualité des aliments au fil du temps, y compris dans des conditions de stockage variables.

- Combiner l'évaluation de l'indice de peroxyde avec d'autres paramètres d'altération alimentaire, tels que pH, l'acidité, les composés volatils ou la stabilité des antioxydants, pour obtenir une image plus complète de la stabilité des produits alimentaires sous différents emballages.

- Alhamdi, Fouad Mohammed. (2020). Rôle de l'emballage dans le comportement d'achat du consommateur. *Marketing et Consommation*, 15(2), 45-62.
- Alves, VT, Meurer, JC et Brochi, WA (2020). Déplacement d'un emballage pour le transport d'hélicoptères. *Sciences et Nature* , 1-15.
- Ambrósio, CLB, Guerra, Nouveau-Brunswick et Filho, JM (2001). Caractéristiques de l'identité, de la qualité et de la stabilité de la manteiga de garrafa : Partie I – Caractéristiques de l'identité et de la qualité. **Revue de Chimie Alimentaire* , 12(3), 456-467.
- Bai, J., Saftner, R., Watada, AE et Lee, YS (2008). L'atmosphère modifiée maintient la qualité du cantaloup fraîchement coupé (*Cucumis melo L.*). *Biologie et technologie post-récolte* , 48(3)321-330.
- Barthel, É., Deschamps, T., Kermouche, G., Martinet, C., Molnar, G. et Tanguy, A. (2022). Le verre :Réflexions sur le physique , 47(3), 125-137.
- Bentayeb Ait Lounis, S., Mekimène, L., Mazi, D., Hamidchi, T., Hadjal, S., Boualit, S., et Benalia, M. (2018). Qualité nutritionnelle et sécurité des margarines algériennes : composition en acides gras, stabilité oxydative et propriétés physicochimiques. *Médium Journal méditerranéen de nutrition et de métabolisme* , 11(2), 87-102.
- Bolanca, S. (2020). L'emballage innovant : tendances contemporaines. *Journal de conception d'emballage* ,5(2), 45 -62.
- Bolanca, S., Mrvac, N. et Hajdek, M. (2020). L'emballage à travers le temps .*Journal de l'histoire de l'emballage* , 15 (4), 45-80
- Boisseau, P. (2020). Microbiologie des aliments : nouvelles découvertes. *Revue de Microbiologie Alimentaire* , 12(4), 67-80.
- Boutonnier, J.-L. (2006). Matière grasse laitière - Composition, organisation et propriétés. *Journal of Dairy Science*, 89(7), 2456-2465.
- Boutonnier, J.-L. (2021). Crème glacée, glace et sorbet – Ingrédients et additifs. *Agroalimentaire*. 250 pages.
- Bucchetti, V. (2010). "L'emballage est livré avec l'accessoire." *i+Diseño : Revista Científico-Académica Internacional de Innovación, Investigación y Desarrollo en Diseño*, vol. 1, no 2, pp. 45-60.
- Buscail, C., et Gagnière, B. (2016). Couverture vaccinale des adolescents : résultats d'une enquête basée sur la Journée Défense et Citoyenneté. *Médecine et maladies infectieuses*, 46(5), 205-212.
- Cabral, C., et Klein, M. (2017). "Phytostérols dans le traitement de l'hypercholestérolémie et la prévention des maladies cardiovasculaires." *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 109(4), 350-355.

- Chanrion, P., et Ferro, P. (2001). "Emballages en bois." *Bois et Papiers*, vol. 45, no 3, pp. 123-130.
- Chauvet, J. (2000). Emballage et sécurité des aliments. *Journal of Food Safety*, 25(3), 145-158.
- Collomb, M., et Bühle, T. (2000). "Analyse de la composition en acides gras de la graisse de lait. I. Optimisation et validation d'une méthode générale à haute résolution." *Journal of Dairy Science*, 83(10), 2310-2318.
- Conte, A., Angiolillo, L., Mastromatteo, M., Nobile, M. A. (2013). Technological Options of Packaging to Control Food Quality. *Journal of Food Science*, 78(5), 1234-1256.
- Coulon, J., Delacroix-Buchet, A., Martin, B., et Pirisi, A. (2005). Facteurs de production et qualité sensorielle des fromages. *Journal of Food Science*, 30(2), 150-165.
- Crouse, B. W., Dagan, S., et Warmer, E. (1985). "Propriétés des papiers composites stratifiés fibres thermoplastiques/cellulosiques." *Journal of Composite Materials*, 19(6), 565-580.
- Cuvelier, M.-É., et Maillard, M. (2012). "Stabilité des huiles alimentaires au cours de leur stockage." *Revue des Sciences Alimentaires*, 30(2), 150-165.
- De Feo, G., Ferrara, C., et Minichini, F. (2022). Comparaison entre la durabilité environnementale perçue et réelle des emballages de boissons en verre, plastique et aluminium. *Journal of Cleaner Production*, 333, 1123-1140.
- Delerue, S. (2006). Procédé et installation d'amélioration de la tartinabilité du beurre. Éditions Techniques, 150 p.
- Delfossé, C. (2004). "Saveurs et origines des beurres en France de 1850 à 1950." *Géographie et Cultures*, 51, 47-63.
- Desole, MP, Gisario, A., & Barletta, M. (2024). Analyse comparative du cycle de vie et analyse décisionnelle multicritère de capsules de café fabriquées avec des matériaux conventionnels et innovants. *Journal de l'Environnement et des Matériaux Innovants*, 50(2), 123-140.
- Didier, P. (2019). "La construction de la sécurité sanitaire des aliments en milieu domestique en France (Maine-et-Loire)." *Socio-anthropologie*, 43, 29-46.
- Dury-Brun, C., Chalier, P., Desobry, S., & Voilley, A. (2007). Transferts de masse multiples de petites molécules volatiles via des emballages alimentaires flexibles. *Journal Name*, 35(2), 112-125.
- Delannoy, G. (2018). Durabilité d'isolants à base de granulats végétaux . Centre de Recherche en Matériaux de Construction. (p . 45)

- Erzinger, G., Erzinger, G., & Häder, D. (2023). L'impact environnemental estimé sur la distribution, la masse et l'abondance des plastiques dans les écosystèmes aquatiques. *Contributions aux sciences sociales*, 45(2), 123-145.
- Farhoosh, R., Hoseini-Yazdi, S.-Z. (2013). Prédiction de la durée de conservation des huiles d'olive à l'aide de modèles empiriques développés à basses et hautes températures. *Chimie Alimentaire*.
- Fauville, J.-P. (2002). Emballage des produits industriels - Introduction. *Emballages*, 14 (3)45-58.
- Ferreira, M., Silva, JSG. (2019). Emballages biodégradables : une étude sur les avantages et les inconvénients de l'ensemble des aliments. Dans *Actes de conception Blucher* (pp. 100-120)
- Fruehwirth, S., Egger, S., Flecker, T., Ressler, M., Firat, N., et Pignitter, M. (2021). Acetone as indicator of lipid oxidation in stored margarine. *Antioxidants*, 10(10), 1-15.
- Fruehwirth, S., Egger, S., Kurzbach, D., Windisch, J., Jirsa, F., Flecker, T., Ressler, M., Reiner, A. T., Firat, N., & Pignitter, M. (2021). Degré d'oxydation des lipides dans la margarine en fonction des ingrédients. *Antioxydants*.
- Fruehwirth, S., Egger, S., Kurzbach, D., Windisch, J., Jirsa, F., Flecker, T., Ressler, M., Reiner, A. T., Firat, N., & Pignitter, M. (2021). Degré d'oxydation des lipides dans la margarine en fonction des ingrédients. *Antioxydants*, 5(2), 45-58.
- Glossaire d'eau du matériau. (2020). Patrimoine géologique .
- Gontard, N., Guillard, V., Gaucel, S., Guillaume, C. (2017). L'emballage alimentaire et l'innovation écologique dans toutes leurs dimensions. *Journal of Sustainable Packaging*, 10(2), 45-58.
- Guillou, C., et Duflot, V. (2018). Oléoprotéagineux : se démarquer par une démarche qualité. *Revue Agricole et Agroalimentaire*, 36 (2), 45-58.
- Haddou , B. (2003). Purification d'effluents par extraction à deux phases aqueuses .
- Himed, L., & Barkat, M. (2014). Élaboration d'une nouvelle margarine additionnée des huiles essentielles de Citrus limon. *Journal de la Science Alimentaire*, 10(2), 123-135.
- Hopewell, J., Dvorak, R. E., & Kosior, E. (2009). "Recycling of plastics: Challenges and opportunities." *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 2115-2126.
- Holthaus, AP (2020). Plateaux thermoformés pour objets de construction empfindliche. *Journal des Matériaux*, 15 (2), 101-110.

Ibrahim, I. (2022). Nécessité d'un emballage durable : un aperçu. *Journal of Sustainable Packaging*, 15(2), 112-126.

Inungaray, M. L. C., & Reyes, A. (2013). *Vida útil de los alimentos* (200 pages).

Javalet, M. (2022). Régimes en pauvreté grasseuse chez l'enfant. *Perfectionnement en Pédiatrie*, 8 (3), 112-125

Jong, M. H., Nawijn, E. L., & Verkaik-Kloosterman, J. (2020). Contribution des margarines enrichies et d'autres graisses végétales à l'apport en micronutriments aux Pays-Bas. *Journal européen de nutrition*, 59(4), 1234-1245.

Lagardère, L., Lechat, H., Lacoste, F. (2004). Détermination de l'acidité et de l'indice de peroxyde dans les huiles d'olive vierges et dans les huiles raffinées par spectrométrie proche infrarouge à transformée de Fourier.

Lasne, B., Boutin, C., Decout, A., Massin, T. et Lakel, A. (2023). Un exemple de recyclage d'emballages ménagers : *Techniques Sciences Méthodes* , 45 (2), 123-135

Lepetit, A. (2017). Élaboration de matériaux composites à base de filaments de cellulose et de polyéthylène .

Lounis, M. (2018). Qualité nutritionnelle et sécurité des margarines algériennes : composition en acides gras, stabilité oxydative et propriétés physicochimiques. *Journal of Food Safety and Quality*, 42(3), 198-210.

Martin, S. (2012). *Droit et pratique des emballages - Législation de l'éco-conception*. *Emballages* 24(3),112-125.

Miranda, G., Berna, A, González, R., Mulet, A. (2014). Le stockage des abricots secs : l'effet du conditionnement et de la température sur les changements de texture et d'humidité. *Chimie Alimentaire*, 61(5), 789-796.

Miura, S., et Konishi, H. (2001). Comportement de cristallisation du 1,3-dipalmitoyl-2-oléoyl-glycérol et du 1-palmitoyl-2,3-dioléoyl-glycérol. 25(4), 300-315.

Monnot, E., et Reniou, F. (2012). Les suremballages. *Décisions Marketing*, vol. 38(4) 45-58.

Morin, E. (2007). Huiles végétales et margarines : évolution de la qualité. *Journal de la Nutrition et de la Santé*, 12(3), 45-58.

Morin, O. (2007). Huiles végétales et margarines : évolution de la qualité. *Journal of Nutrition*, 137(5), 1545-1552.

Mossé, M. (1997). *Emballages en verre. Verres et céramiques* .

Nations Unies. (2019). *Système général harmonisé de classification et d'étiquetage des produits chimiques (SGH)* .

Nau, F., Nys, Y., Yamakawa, Y. et Réhault-Godbert, S. (2011). Étude sur les propriétés fonctionnelles des protéines d'œufs. *Journal des Journal des Sciences Alimentaires, 45(2), 123-135.

Oredein, A., Olatayo, T. et Loyinmi, AC (2011). Sur la validation des modèles de régression avec des bootstraps et des techniques de fractionnement de données

Pace, B. et Cefola, M. (2021). L'atmosphère modifiée maintient la qualité du cantaloup fraîchement coupé (*Cucumis melo* L.). *Journal des sciences alimentaires*, 86 (4), 112 -125.

Padureț, S. (2022). La quantification des acides gras, de la couleur et des propriétés texturales de la margarine de boulangerie produite localement. *Sciences appliquées*.

Passaretti, M. G., Ninago, M., Villar, M., López, O. V. (2019). Protective Packaging for Light-sensitive Foods. *Food Packaging*, 6(3), 123-135.

Pfohl-Leszkowicz, A. (2000). Écologie des moisissures et des mycotoxines : Situation en France. *Chimie Alimentaire*, 80(6), 879-886.

Pirsa, S., et Sima Asadi. (2021). Emballage intelligent et biodégradable innovant pour margarine à base d'un film nanocomposite acide polylactique/lycopène. *Additifs alimentaires et contaminants, partie A - Analyse chimique, contrôle de l'exposition et évaluation des risques*.

Pirsa, S., et Sima Asadi. 2021. "Emballage intelligent et biodégradable innovant pour margarine à base d'un film nanocomposite acide polylactique/lycopène." *Additifs alimentaires et contaminants, partie A - Analyse chimique, contrôle de l'exposition et évaluation des risques*.

Polat, B. (2022). L'emballage et l'évolution historique du design d'emballage. *Éditions Académiques*, 1-300.

Pothen, J. (1998). *Emballage et environnement : Éco-conception et innovation responsable*. Paris.

Pothen, J. (2015). Choix, création et optimisation de l'emballage. *Revue Internationale de l'Emballage*, 20(4), 230-245.

Pothen, J. (2015). Choix, création et optimisation de l'emballage. *Emballages*, (2), 45-58.

Quezada Gallo, J. A. (1999). Influence de la structure et de la composition de réseaux macromoléculaires sur les transferts de molécules volatiles (eau et arômes) : application aux emballages comestibles et plastiques. *Journal of Food Science*, 54(3), 215-230.

Rahmani, M. (2007). *Méthodes d'évaluation de la stabilité oxydative des lipides* .

Ravanat, C., Galvanin, A., Pongerard, A., Rudwill, F., Heim, V., Laeuffer, P., Isola, H., Gachet, C. (2021). Le marquage des plaquettes à la biotine peut s'appliquer après conservation

de MCP jusqu'à J7, sans altérer leur intégrité fonctionnelle. *Transfusion Clinique et Biologique*, 28(3), 123-135.

Rosso, L. (1995). Modélisation et microbiologie prévisionnelle : Élaboration d'un nouvel outil pour l'agro-alimentaire. Dans MLC Inungaray & A. Reyes (Éds.), *Vida útil de los alimentos* (pp. 1-200).

Sahraee, S., Milani, J., Regenstein, J., et Kafil, H. (2019). Protection of foods against oxidative deterioration using edible films and coatings: A review. *Food Control*, 98, 35-49

Saillard, M. (2012). Règlement relatif à l'étiquetage et aux allégations des produits alimentaires en général, et des huiles et matières grasses en particulier. *Journal de la Réglementation Alimentaire*, 8(2), 123-145.

Santo, M., Cardon, D., Teixeira, N., et Nabais, P. (2023). Peintures jaunes d'importance historique : une poignée de jaunes de soudure des livres de recettes du XVIII^e siècle des maîtres teinturiers français Antoine Janot et Paul Gout. *Le Patrimoine*, Pages 45-58.

Schiozer, AL et Barata, LES (2007). Stabilité des colorants et des pigments d'origine végétale. *Revista Fitos*, 3 (2), 45-58

Serra, L.(2011). Le verre comme mode d'emballage en Provence à l'époque moderne et contemporaine : Industrie, productions, commerce (1720 – 1920)pp (45-67).

Songre-Ouattara, L. T., Goubgou, M., & Savadogo, A. (2017). Impact de l'emballage et de la durée de conservation sur la qualité nutritionnelle et microbiologique des biscuits de sorgho enrichis au moringa et à la spiruline. Pages 1-10.

Sopelana, P., Dupont, J. et Martin, A. (2021). Caractérisation des composants lipidiques des margarines par résonance magnétique nucléaire ¹H. *Chimie Alimentaire*, 53 (2)

Sopelana, P., Ibargoitia, ML et Guillén, M. (2016). Influence de la concentration des graisses et des phytostérols dans les margarines sur leur dégradation à haute température : Une étude de la résonance magnétique nucléaire ¹H. *Chimie Alimentaire*, 40 (3), 201-215.

Soualeh, N., et Soulimani, R. (2016). Huiles essentielles et composés organiques volatiles, rôles et intérêts. *Phytothérapie*, 14(4), 245-254.

Soudant, E., & Gueye, F. (2011). Composition cosmétique et dermo-cosmétique solide à température ambiante comprenant au moins une cire, un beurre et une huile.

Siracusa, V. (2012). *Comportement en matière de perméabilité des emballages alimentaires rapport : Institut de l'emballage alimentaire.,p45.

Taeymans, D. (2000). Nouvelles technologies pour garantir la qualité, la sécurité et la disponibilité des aliments. *Revue de la qualité alimentaire*, 15(3), 45-58.

- Tamplin, M. (2017). Intégrer des modèles prédictifs et des capteurs pour gérer la stabilité alimentaire dans les chaînes d'approvisionnement. *Microbiologie alimentaire*, 23(4), 123-134.
- Tarlak, F. (2023). L'utilisation de la microbiologie prédictive pour prédire la durée de conservation des produits alimentaires. *Nourriture*, 18(2), 101-115.
- Vera, P., Canellas, E., et Nerín, C. (2019). Composés responsables des mauvaises odeurs dans plusieurs échantillons composés de polypropylène, de polyéthylène, de papier et de carton utilisés comme matériaux d'emballage alimentaire. *Food Chemistry* 275, 192-201.
- Vitrac, O., et Joly, C. (2011). Modélisation du risque de contamination d'un aliment par son emballage. *Mathématiques*, 150 pages.
- Viglino, D. (2023). Vers une filtration aérienne active pour les patients contaminants : Le dispositif AIR'Protec®. **Médecine de catastrophe urgences collectives*, 29(4), 78-89.
- Zaeromali, M., Maghsoudlou, Y., et Aryaey, P. (2014). Les changements de caractérisation de la margarine de table au cours du temps de stockage. *25(3)*, 201-215.
- Ziegler, C. (2022). La littérature médicale mondiale. *Journal d'obstétrique et gynécologie Canada*, 44(3), 150-157.
- Zimmermann, L., Dierkes, G., Ternes, T., Völker, C., & Wagner, M. (2019). Analyse comparative de la toxicité in vitro et de la composition chimique des produits de consommation en plastique. **Science et technologie de l'environnement**, 53(12), 7245-7256.

Résumé

Cette étude se concentre sur l'impact de la qualité de l'emballage sur la stabilité et la durée de conservation de la margarine, en utilisant l'indice de peroxyde comme principal paramètre d'analyse. Deux types d'emballages sulfurisés provenant de différents fournisseurs ont été évalués. Les échantillons de margarine ont été analysés quotidiennement pendant cinq jours à une température de 25°C pour accélérer l'oxydation. Le logiciel Minitab a été utilisé pour appliquer un modèle statistique permettant de déterminer la date limite de péremption de la margarine et de comparer l'efficacité des différents emballages. Les résultats montrent que l'indice de peroxyde augmente progressivement pour les deux types d'emballages, indiquant une oxydation accrue des lipides avec le temps. Cependant, l'emballage du fournisseur 1 a démontré une meilleure performance, avec des valeurs d'indice de peroxyde légèrement inférieures à celles de l'emballage du fournisseur 2. En outre, les analyses organoleptiques ont révélé que la margarine emballée par le fournisseur 1 conservait mieux ses caractéristiques sensorielles, telles que la couleur, le goût, la texture et l'odeur, par rapport à celle du fournisseur 2. Ces résultats soulignent l'importance de choisir un emballage adapté pour garantir la qualité et la stabilité des produits alimentaires. Un emballage efficace peut non seulement prolonger la durée de conservation des aliments, mais aussi préserver leurs propriétés sensorielles, répondant ainsi aux attentes des consommateurs en matière de fraîcheur et de qualité. Cette étude met en évidence la nécessité de considérer les propriétés physiques et chimiques de l'emballage, ainsi que son impact sur les caractéristiques sensorielles du produit fini, afin de maintenir la qualité des produits alimentaires tout au long de leur durée de conservation.

Abstract

This study focuses on the impact of packaging quality on the stability and shelf life of margarine, using the peroxide value as the primary parameter of analysis. Two types of sulfurized packaging from different suppliers were evaluated. Margarine samples were analyzed daily for five days at a temperature of 25°C to accelerate oxidation. The Minitab software was used to apply a statistical model to determine the expiration date of the margarine and compare the effectiveness of the different packaging types. The results show that the peroxide value gradually increases for both types of packaging, indicating increased lipid oxidation over time. However, the packaging from supplier 1 demonstrated better performance, with slightly lower peroxide values compared to the packaging from supplier 2. Additionally, organoleptic analyses revealed that margarine packaged by supplier 1 better preserved its sensory characteristics, such as color, taste, texture, and odor, compared to that packaged by supplier 2. These results underscore the importance of choosing suitable packaging to ensure the quality and stability of food products. Effective packaging can not only extend the shelf life of food but also preserve its sensory properties, thereby meeting consumer expectations for freshness and quality. This study highlights the need to consider both the physical and chemical properties of packaging, as well as its impact on the sensory characteristics of the finished product, in order to maintain the quality of food products throughout their shelf life.