

Transformation totale du Soja *Glycine max* par valorisation du petit lait en cosmétique

Total processing of soy *Glycine max* through valorization of the tofu whey in cosmetic products

Dinah Andrianjafy¹, Helga Rim Faraso², Felamboahangy Rasoarahona³

¹ Laboratoire HOMEOPHARMA, Sambaina, Antananarivo 106, Madagascar, dinah.recherche@homeopharma.mg

² Laboratoire de Chimie et de Valorisation des Produits Naturels, Mention Chimie, Université d'Antananarivo, Madagascar, rim.faraso.helga@email.com

³ Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, Université d'Antananarivo, Madagascar, rasoafelah@yahoo.fr

RÉSUMÉ. La cosmétique naturelle est de tendance actuellement, et ce secteur offre une opportunité de transformation économique des pays en développement. Cependant, la surexploitation des espèces végétales en menace de disparition présente un danger potentiel pour l'écologie, et à long terme, aura toujours des retombées négatives pour ces pays. La valorisation des plantes cultivables est donc une solution de choix. Le soja est connu pour ses qualités nutraceutiques, et cet aliment est largement utilisé à Madagascar pour lutter contre la malnutrition. Le fromage de soja est une source de protéine très prisée qui commence à être bien accepté par la population Malagasy dans leur habitude alimentaire dans le cadre d'une amélioration de la qualité nutritionnelle. Sa vulgarisation est limitée par la nécessité de l'utilisation d'une chaîne de froid et sa courte conservabilité. Les produits aromatiques possèdent des propriétés antimicrobiennes et certains sont également doués de propriétés antioxydantes, deux critères utiles pour la conservation des aliments. L'ajout d'arômes dans la composition du fromage de soja et un léger traitement thermique a permis une plus longue conservation et une amélioration de son goût. Le petit lait contient encore plusieurs substances nutritives, non seulement pour l'alimentation, mais aussi pour la peau. Des produits de soin cosmétiques ont été mis au point. Cette valorisation apporte une grande plus-value au sous-produit d'exploitation du fromage de soja.

ABSTRACT. Natural cosmetics offer an opportunity for developing countries to undergo an economic transformation, because of the high market trends for these products. However, the over-exploitation of endangered plant species presents a potential danger to the ecology, and in the long term will have a negative long-term impact for the ecology and economy for these countries. The valorization of cultivable plants is therefore a solution of choice. Soy is known for its nutraceutical qualities, and this food is widely used in Madagascar to fight against malnutrition. Soy cheese is a popular source of protein that is beginning to be well accepted by the Malagasy population as part of an improvement in nutritional quality. Its popularization is however limited by its need for a cold chain for its market distribution and due to its short shelf life. Aromatic herbs have antimicrobial properties and some are also endowed with antioxidant properties. These are two useful criteria for the preservation of food products. The addition of aromatic herbs in the composition of soy cheese and a light heat treatment has resulted in a longer shelf life and improved its taste. Tofu whey contains more nutrients, not only for food, but also for the skin. Cosmetic care products have been manufactured using tofu whey as the main active ingredient. This total processing of soy avoids wasting the by-products and brings a value-added activity to its processing.

MOTS-CLÉS. Transformation totale, Soja, Cosmétique, petit lait, valorisation des sous-produits.

KEYWORDS. Total processing, Soy, Cosmetics, Tofu whey, By-products valorization.

1. Introduction

La cosmétique naturelle gagne un intérêt croissant des consommateurs. Parallèlement, les producteurs se lancent dans la mise sur le marché de produits labellisés verts, grâce à une meilleure disponibilité des matières premières et des matériaux d'emballage écologiques [AMB 19a]. La part des produits cosmétiques naturels augmentera encore plus dans le marché du futur en raison d'une motivation grandissante pour les produits liés au développement durable [AMB 19b]. En particulier, la clientèle est de plus en plus convaincue par les cosmétiques basées sur des actifs extraits de produits alimentaires. En effet, d'une part, prendre soin de son apparence externe par le biais d'une

bonne alimentation est une mode de vie de plus en plus attractive. D'autre part, les preuves scientifiques des activités pharmacologiques sur la peau des produits dérivés de denrées alimentaires sont devenues plus nombreuses. Dans un comportement éthique et écologique, les consommateurs de cosmétiques ont une meilleure tendance à utiliser les produits issus de la transformation des sous-produits alimentaires [FAR 20]. Le soja, de nom scientifique *Glycine max* (L.) Merr FABACEES, figure parmi les plantes ayant les meilleures sources de protéine en qualité et en quantité, il est considéré comme un substitut de bas prix du lait pour les pays en développement [TAN 17]. Une supplémentation alimentaire par ces protéines favorise la synthèse du collagène et une bonne régénération de la peau [ZHA 20a]. L'administration d'isoflavones du soja empêche le vieillissement de la peau en conférant une meilleure élasticité et en réduisant les rides [DOM 21]. En application locale, l'extrait de soja présente des activités protectrices contre la peroxydation des lipides et les radiations UV [NAG 19]. Le soja remplit donc la fonction ambivalente d'agir en interne et en externe pour les soins de la peau. Ainsi, cette étude a pour double objectif de promouvoir le soja du point de vue nutritionnelle en favorisant une meilleure conservabilité du Tofu, un produit alimentaire dérivé du soja, et de valoriser le petit lait, un co-produit du Tofu, pour la confection de produits cosmétiques. En effet, le Tofu, un concentré de protéines de soja, nécessite d'être réfrigéré pour sa conservation. Sa distribution s'avère alors difficile dans un pays comme Madagascar où l'accès à l'électricité était seulement de 33,7% en 2020 [WOR 20] ne permettant la disponibilité de la chaîne de froid que pour une faible partie de la population.

2. Intérêts de la valorisation du petit lait de soja en cosmétique

La dégradation du petit lait de soja nécessite des Demandes Biochimique et Chimique en Oxygène élevées, et plusieurs équipes concourent dans la recherche de sa revalorisation [BAR 18]. Une des méthodes de sa réutilisation consiste à extraire ses molécules actives. Grâce au développement de la biotechnologie, des recherches sur de nouveaux procédés pour l'obtention de différents produits comme des émulsifiants, ou des biocarburants ont aussi été menées. Néanmoins, toutes ces techniques proposées génèrent d'autres sous-produits, et d'autres solutions de transformation totale seraient souhaitables [CHU 19]. Ainsi, l'intérêt de la valorisation du petit lait de soja en produits cosmétiques est d'abord d'ordre écologique.

L'autre intérêt est d'ordre économique. L'industrie des fruits et légumes forme le secteur le plus actif qui fournit une grande quantité de sous-produits. L'économie circulaire est proposée comme solution de réduction des déchets et de génération de matières premières supplémentaires. L'économie circulaire est une approche systémique et multiacteur fondée sur le principe des cascades successives de processus, éliminant la notion de déchet et fonctionnant à partir de ressources et d'énergies entièrement renouvelables [SAU 16]. Les sous-produits de l'industrie alimentaire offrent souvent des potentialités de valorisation en pharmaceutique et en cosmétique [OSO 21].

Finalement, le petit lait de soja contient des biocomposés intéressants tels que des protéines, des minéraux et surtout des flavonoïdes à propriétés antioxydantes remarquables. Zhao et son équipe, en 2020, [ZHA 20b] ont mesuré une teneur totale en composés phénoliques à 60,87 mg GAE / 100 ml (Equivalent en Acide Gallique). L'activité antioxydante mesurée par DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) était de 65,11 µmol Trolox/ 100 ml et de 14,28 µmol Trolox/ 100 ml par la méthode FRAP (Pouvoir Antioxydant par Réduction Ferrique). D'où l'intérêt de sa valorisation en produit cosmétique antiride.

3. Matériels et méthodes

3.1. Préparation du Tofu

Le Tofu a été préparé au laboratoire à partir de poudre de soja achetée localement. Des procédés traditionnels de coagulation du lait de soja ont été appliqués avec quelques modifications [FAI 14], [NUG 16]. En résumé, à 100 g de poudre de soja a été rajoutée 1,5 l d'eau et le tout était porté à ébullition pendant 50 min. Le lait a ensuite été filtré et après refroidissement à 40°C, le coagulant a été rajouté. Le vinaigre de grade alimentaire à 6% d'acide acétique a été utilisé pour la coagulation, à une quantité de 2% vol/vol. Après décantation du caillé, le petit lait a été récupéré par filtration, et le caillé est pressé pour obtenir une pâte ferme, le Tofu. Ces étapes sont résumées dans la figure 1.



Figure 1. Les étapes de fabrication du Tofu

3.2. Procédé de conservation du Tofu

Le poivre rose, *Schinus terebinthifolius* Raddi ANACARDIACEES a été choisi comme conservateur. Cette plante est douée d'activités antimicrobiennes et antioxydantes. La DL50 du fruit par voie orale a été estimée à 5g/kg, et son utilisation pour la consommation humaine ne présente aucun risque [CAR 13]. Ses propriétés antibactériennes sont dues entre autres à sa teneur en huile essentielle, cette dernière agissant par destruction des membranes cellulaires de ces bactéries [DAN 18]. De même, son huile essentielle lui confère son activité antioxydante et a fait preuve d'efficacité dans la conservation des denrées alimentaires [DAN 16]. Le même lot de Tofu a été divisé en témoin non traité et Tofus traités. Pour les Tofus traités, des quantités de 1%, 1,5% et 2% poids/poids de poudre de poivre rose ont été rajoutées. Pour améliorer le goût, du sel de table à raison de 2,5%

poids/poids a été rajouté. Après mélange des ingrédients, la surface du Tofu a été imbibée d'huile alimentaire et l'ensemble a été mis à l'étuve à 150°C pendant 15 min pour former une crôte.

3.3. Test d'acceptabilité du Tofu

Une analyse hédonique a été effectuée pour évaluer l'acceptation des consommateurs. 70 volontaires en bonne santé, âgés de 10 ans à 70 ans dont 54 % de femmes et 46% d'hommes ont testé les tofus neutre, à 1%, à 1,5% et à 2% de poivre rose. Le test a été mené selon la méthode décrite par Sharif *et al*, 2014 [SHA 14], avec quelques modifications. Les critères suivants ont été demandés aux jurys : l'apparence, la flaveur, l'arôme et la texture. Les sujets ont aussi été sollicités à exprimer leurs préférences en classant les produits de 1 (le moins apprécié) à 4 (le plus apprécié). Pour éviter tout biais dans les jugements, aucune rémunération n'a été donnée aux jurys, que ce soit pécuniaire ou toute autre forme de motivation. Les produits ont été codés utilisant 3 chiffres au hasard. Avant le test, tous les produits ont été soumis à un contrôle microbiologique selon les normes AFNOR V08B pour assurer leur qualité.

3.4. Test de conservabilité du Tofu

Un test d'évaluation sensoriel a été effectué pour juger la conservabilité des Tofus. D'après Sharif *et al*, 2014 [SHA 14], pour les produits alimentaires, les critères d'altérations sont d'abord sensoriels avant que la qualité microbiologique ne soit affectée. Les Tofus ont été laissés à température ambiante à l'air libre et à 4°C, et l'évolution de leurs caractéristiques sensorielles a été suivie journalièrement. Seuls les Tofus appréciés par les consommateurs ont fait l'objet de test de conservabilité. Le Tofu non traité a été pris comme témoin.

3.5. Préparation du petit lait avant son utilisation en cosmétique

Etant donné le caractère du petit lait de soja à se dégrader très vite, un conservateur de produits cosmétiques de chez Clariant a été rajouté afin de conserver toutes ses qualités avant transformation. Ce conservateur est certifié COSMOS et les ingrédients sont d'origine naturelle. La législation Européenne impose une limite de 3,1% en seuil maximum de son utilisation pour les produits non rinçables. Pour la législation japonaise, ce seuil est de 1,33% pour tous les types de produits [CLA 13]. Nous l'avons incorporé à un taux de 1,25%. Pour tester l'efficacité de ce conservateur, le lot a été divisé en deux : un premier lot a été conservé à température ambiante et un second lot a été mis à l'étuve à 45°C [KIR 21]. Les qualités des deux lots ont été suivies journalièrement par rapport à leurs pH, leurs odeurs, leurs couleurs et leurs turbidités. De même, leurs qualités microbiologiques ont été suivies, selon les normes AFNOR V 08 B.

3.6. Mise au point des produits cosmétiques

Pour tester la performance du petit lait de soja à être utilisé en tant que phase aqueuse (à la fois actif et excipient) dans différents produits, deux émulsions ont été mises au point. La première émulsion a été de type huile dans eau composée de petit lait à 86%, d'huile végétale à 4 %, de glycérine à 4%, de Vitamine E à 2% et le reste est constitué par des épaississants d'origine biologique de type Emulsan. Une deuxième émulsion a été de type eau dans huile, composée de 10% d'huile végétale et de 80% de petit lait mais l'émulsifiant était de type polyglycéride d'acides gras. L'huile végétale utilisée était l'huile de tournesol *Helianthus annuus* L. ASTERACEES.

3.7. Tests de qualité et de conservabilité des produits cosmétiques

Les caractéristiques organoleptiques étudiées étaient la couleur, l'odeur, l'aspect, la texture et la pénétrabilité. Le pH et la densité ont été mesurés. Leurs viscosités ont été mesurées avec un viscosimètre Brookfield. Un test de vieillissement accéléré a été performé selon le protocole décrit dans Vieira *et al*, 2009 [VIE 09]. 48h après la confection des produits, ils ont été conditionnés et cet instant a été considéré comme temps de début du test. Deux températures ont été choisies :

température ambiante ($22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) et 45°C à l'étuve. Les critères de suivi de stabilité ont été établis comme suit, pour la couleur, l'odeur et l'aspect : N pour normal, M pour modifié et IM pour intensément modifié.

3.8. Tests d'efficacité des produits cosmétiques

Avant utilisation du petit lait, un test de vérification de son activité antioxydante a été effectué. Le protocole utilisant le 2,2-diphénylpicrylhydrazyl ou DPPH a été choisi. Le petit lait a été dilué à des concentrations de 30%, 40%, 50%, 60% et 70% vol/vol dans du méthanol et les solutions ainsi préparées ont été déposées en spot sur une plaque de gel de silice à l'aide d'une pipette pasteur. Une solution de 25% DPPH vol/vol dans du méthanol a été vaporisée sur la plaque et un virage de couleur en jaune démontre l'existence d'une activité antioxydante. Le même test a été fait après confection des produits cosmétiques pour vérifier si l'activité a été maintenue ou altérée pendant le procédé de transformation.

Après vérification de la bonne qualité microbiologique des produits cosmétiques mis au point, 18 volontaires féminins âgées de plus de 18 ans ont procédé à un test d'innocuité et d'efficacité. Les produits ont d'abord été soumis à un test de tolérance cutané selon un protocole d'application ouvert répété (ROAT) pendant 5 jours. Le protocole a été inspiré de la méthode expliquée par Bennike *et al*, 2018 avec des modifications [BEN 18]. Les critères d'inclusions des volontaires sont : absence d'eczéma ou de toute autre maladie de la peau, non enceinte, non allaitante, non exposée à un rayon UV intense pendant les 3 semaines avant le test, n'ayant pas appliqué d'autres produits cosmétiques sur le pli du coude ou sur le visage pendant les 3 semaines avant le test. Elles ont été divisées en 2 groupes, un groupe ayant utilisé l'émulsion huile dans eau et l'autre groupe ayant utilisé l'émulsion eau dans huile. Si aucune réaction de rougeur, de chaleur ou autre signe d'irritation n'est constatée, le sujet peut passer à un test d'efficacité en appliquant le produit sur son visage. Pendant 2 semaines, les sujets ont été demandés à appliquer l'émulsion sur peau propre, sans rinçage, matin et soir. Passée cette période, les sujets ont été questionnés sur l'existence éventuelle d'une anomalie sur la peau comme une desquamation ou une sensation de démangeaison. L'évolution des rides ou l'hydratation de la peau ont été suivies par comparaison des photos avant et après période de test.

4. Résultats et interprétations

4.1. Rendements en Tofu et en petit lait

A partir de 100g de poudre de soja, 120,17 g de Tofu a été obtenu après croutage. Ce rendement est faible par rapport à d'autres procédés améliorés. Lee *et al*, 2018 [LEE 18] ont obtenu un rendement de 385,23 g/ 100g de farine de soja. Une des raisons de ce faible rendement serait la faible interaction entre le coagulant et les protéines. En effet, même si dans leur état dénaturé les protéines sont chargées négativement, leur charge totale avoisine la neutralité à cause de la présence de protons issus de l'addition acide. Il y a alors moins d'interactions hydrophile-hydrophile avec l'eau, résultant à une moindre solubilité dans le cas de l'utilisation d'un acide comme coagulant [SIT 20]. En ce qui concerne le petit lait, environ 887,50 ml a été obtenu. Cette quantité élevée est source d'une préoccupation environnementale majeure, en particulier, pour les procédés artisanaux et à petite échelle [NUG 19]. Dans un pays en développement il est pertinent d'accompagner l'épanouissement de l'économie par l'implantation de procédés non nocifs à l'environnement.

4.2. Analyse sensorielle des Tofus

Deux descripteurs ont été émis par les jurys en ce qui concerne l'apparence des Tofus : couleur beige caractéristique de pâte et couleur de surface brune. Pour la flaveur, une sensation d'épice a été évoquée ainsi qu'un goût salé. Pour l'arôme, deux caractéristiques ont été signalées : l'arôme de soja et l'arôme de vinaigre. La texture a été décrite par les expressions homogène, épaisse et crôte épaisse.

La figure 2 montre le résultat de l'Analyse en Composante Principale. Le graphe évoque que les trois Tofus traités sont facilement discernables par rapport au Tofu non traité. Seul le Tofu non traité présente une couleur beige de pâte, les trois autres ont une couleur brune. Le niveau de perception d'un arôme de vinaigre a été très faible. L'arôme de soja et la saveur épicée sont prononcés pour les Tofus à 1,5% et à 2% de poivre rose. Les trois Tofu traités ont une consistance épaisse, une croûte épaisse, mais une texture homogène a été constatée pour le Tofu à 1,5% de poivre rose. Le graphe de la figure 3 montre que le Tofu à 1% de poivre est le plus apprécié. En même temps, c'est le seul échantillon qui présente une forte corrélation avec un goût salé. Pourtant, les quatre Tofu ont le même pourcentage de sel. Ceci s'expliquerait par une forte interaction goût – arôme. L'arôme est un facteur prépondérant qui peut influencer négativement la perception du goût [GOT 18]. Pour le Tofu à 2% de poivre rose, l'arôme perçu comme trop épicé détériore la sensation du goût. Le test de conservabilité a été mené donc avec les Tofus à 1% de poivre rose et à 1,5% de poivre rose, dans l'optique d'une recherche dirigée marketing [FIL 15].

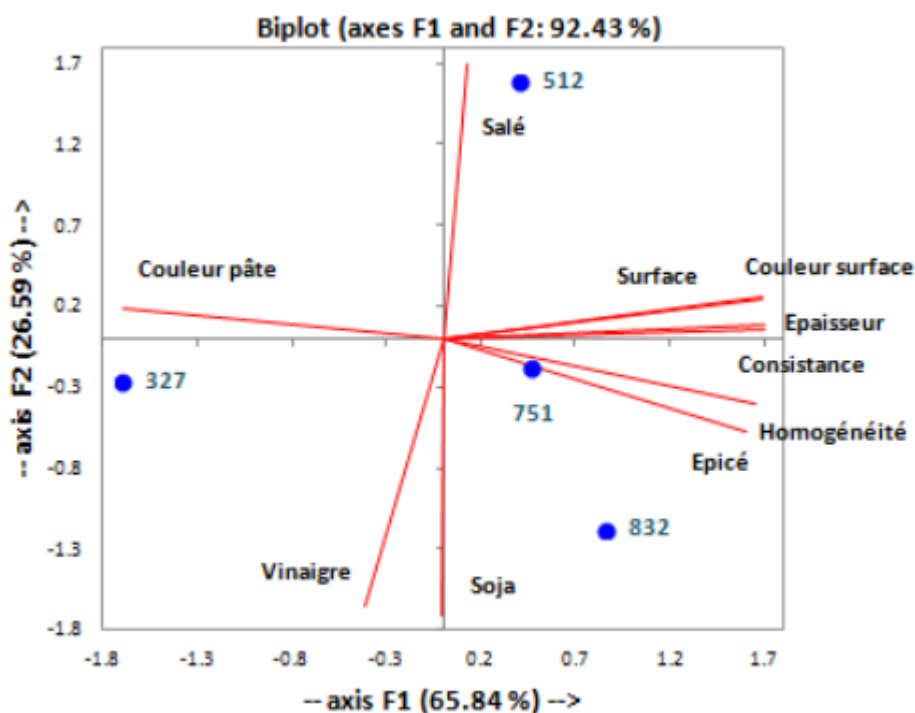


Figure 2. Résultats de l'Analyse en Composante Principale des Tofus

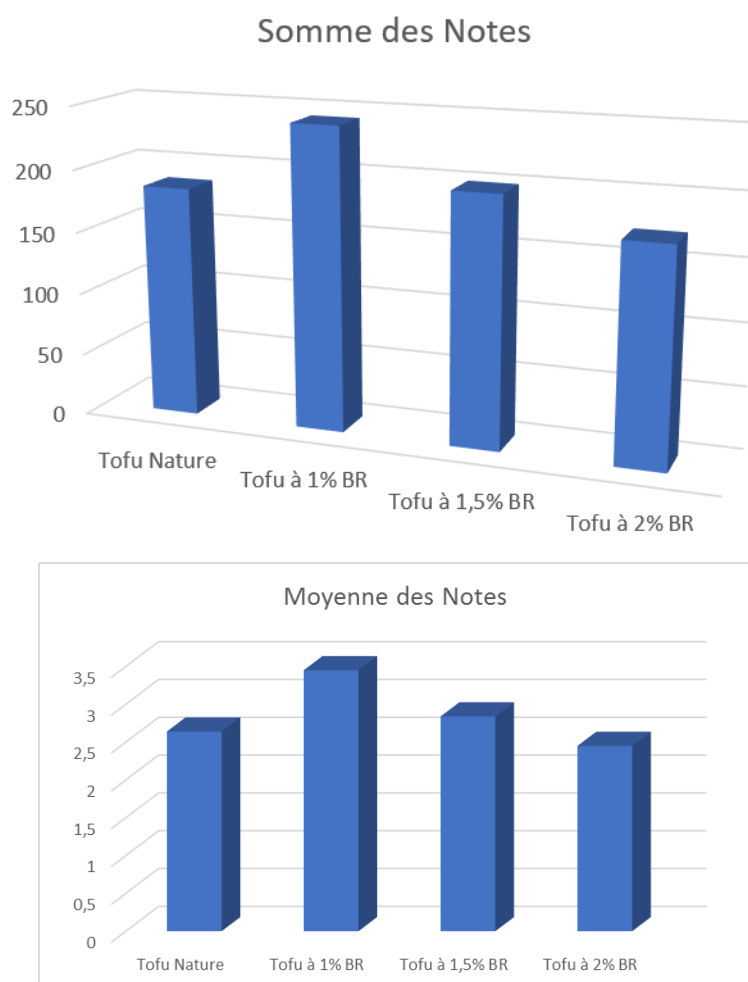


Figure 3. Résultats du test de préférence des Tofus

4.3. Conservabilité des Tofus traités

A température ambiante le Tofu témoin se conserve 3 jours alors que sous réfrigération, il se conserve 7 jours. Le Tofu à 1% se conserve seulement 5 jours à température ambiante et 12 jours sous réfrigération. A 1,5% de poivre rose, la dégradation à température ambiante commençait à partir du 8^{ème} jour. Ceci serait l'équivalent d'une conservation sous réfrigération du Tofu non traité. A 4°C le Tofu à 1,5% de poivre se conserve 15 jours. Ce résultat est comparable à l'extension de durée de conservation obtenue par d'autres chercheurs en utilisant 1% de tulsi *Ocimum sanctum* L. LAMIACEES [ANB 07]. On pourrait en déduire que le tulsi serait plus performant que le poivre rose dans la conservation du Tofu si incorporé à 1%. Les signes de détérioration observés ont été le durcissement de la pâte et l'apparition de moisissures à la surface.

4.4. Conservabilité du petit lait

A température de 45°C, le petit lait a montré un virement de couleur en jaune foncé avec une augmentation de turbidité après une semaine. Ce changement s'est stabilisé jusqu'à 13 semaines. Le petit lait conservé à température ambiante n'a révélé aucun changement pendant ces 13 semaines. Le pH a été stabilisé à 5,5. Par contre au niveau de l'odeur, une bonne stabilité a été perçue. Le conservateur de produit cosmétique s'est donc révélé efficace. Le changement de turbidité à 45°C s'expliquerait par réaction des protéines et des flavonoïdes due à la chaleur et ce signe ne révélerait pas une mauvaise conservation [VIE 09]. Le tableau 1 résume les résultats de contrôle de la qualité microbiologique du petit lait conservé à température ambiante et conservé à l'étuve après 13 semaines.

4.5. Caractérisation et stabilité des produits cosmétiques mis au point

L'émulsion huile dans eau a une texture de lait, de couleur blanche et de viscosité de 3474,6 mPa.s. Sa densité relative est de 0,98. Ses qualités sont comparables aux laits pour visage vendus sur le marché. L'émulsion eau dans huile a une texture plutôt onctueuse, crémeuse. Elle est aussi de couleur blanche. Sa viscosité est de 10284 mPa.s et sa densité relative est 0,97. Pour les deux produits, aucune odeur de soja n'est perçue. Un léger parfum a d'ailleurs été rajouté. Les deux produits ont un pH de 5,5, ce qui respecte l'équilibre de la peau.

	Petit lait conservé à 45°C	Petit lait conservé à température ambiante	Critères AFNOR V 08 B
Staphylocoques coagulase positive	Absent	Absent	Absent
Levures et moisissures	<10 UFC/g	<10 UFC/g	<10 ² UFC/g
<i>Candida albicans</i>	Absent	Absent	Absent
<i>Aspergillus niger</i>	<10 UFC/g	<10 UFC/g	<10 ² UFC/g
Microorganisme à 30°C	<10 UFC/g	<10 UFC/g	<10 ³ UFC/g

Tableau 1. Résultats du contrôle qualité microbiologique du petit lait

Pendant le test de vieillissement accéléré, aucun changement de couleur ni d'odeur n'a été perçu pour les deux produits. Tous les paramètres sont restés N. Juste une légère diminution de la viscosité a été constatée. Pour les 13 semaines de conditions extrêmes, on peut en déduire que les produits sont stables et comparables à ceux du marché.

4.6. Efficacité des produits cosmétiques confectionnés

Le test simple de coloration du DPPH a révélé que le petit n'a pas perdu sa vertu antioxydante après sa transformation en produits cosmétiques. Aucune irritation n'a été observée pour les 18 volontaires lors du test ROAT. Une atténuation des ridules a été constatée chez les volontaires d'un certain âge après application quotidienne du produit et les sujets ont affirmé avoir une peau rendue plus souple. La figure 4 montre un exemple de photo de volontaire.

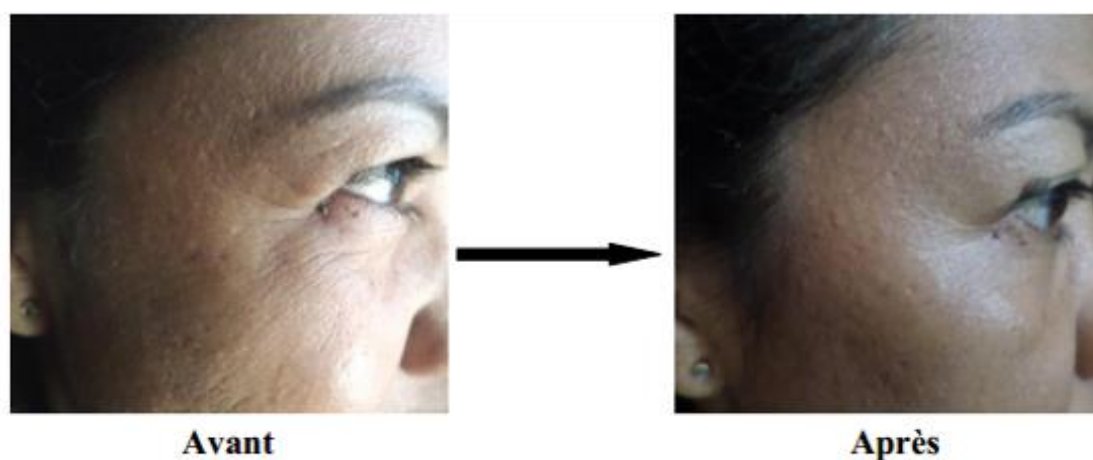


Figure 4. Exemple de photos de volontaire

4.7. Discussions générales

La possibilité de valorisation du petit lait de soja en produits cosmétiques a été démontrée. Les produits ont une bonne propriété antiride. Le petit lait peut être utilisé à la fois dans les émulsions eaux dans huile et dans les émulsions huile dans eau. Les molécules bioactives du petit lait offrent une gamme très diversifiée de possibilités : antiage, protection solaire, cicatrisant, réhydratant et blanchissant [KIM 17]. Pour une planète plus verte et pour le besoin de nouvelles matières premières, ces résultats ouvriraient la voie au développement de plusieurs autres nouveaux produits cosmétiques à base de petit lait. La compatibilité du petit lait aux conservateurs actuellement disponibles sur le marché permet de le préserver avant son utilisation en cosmétique. Il s'utilise en totalité, sans transformation supplémentaire, et sans génération d'autres sous-produits. En tant qu'ingrédient principal de la phase aqueuse des émulsions, il pourra s'utiliser en grande quantité. Cette réutilisation répond à l'un des aspects de l'économie circulaire et de la responsabilité sociétale des entreprises productrices. Un comportement éco responsable des producteurs et des consommateurs est impératif pour le contexte mondial actuel [LOI 20], et en particulier, pour que les pays en développement puissent choisir d'une manière appropriée leurs axes de développement.

5. Conclusion

Le soja est un aliment à multiples vertus, il possède des propriétés régénératrices et fortement antioxydantes pour la peau. Son utilisation à des fins cosmétiques peut se faire par ingestion par voie orale, ou par application cutanée.

Afin de promouvoir la consommation du soja, il a été transformé en Tofu dont le goût et la conservabilité ont été améliorées. L'ajout de 2,5% de sel et de 1 à 1,5% de poivre rose ont favorisé une extension de la préservation de sa qualité jusqu'à 7 jours à température ambiante et 15 jours sous réfrigération. Les jurys ont apprécié son goût et sa texture. L'utilisation du vinaigre à 6% d'acide acétique a donné un rendement plus faible par rapport à l'utilisation de sels de calcium ou de magnésium.

Cette recherche a également démontré la possibilité de l'utilisation totale du petit lait sans création de sous-produits supplémentaires en l'incorporant dans les produits cosmétiques. Le traitement du petit lait de soja n'est pas difficile pour en faire un ingrédient stable dans le temps. Même sans rajout de base parfumante, aucune odeur de soja ne gêne dans le produit final. Dans un contexte mondial d'expansion de l'industrie du soja, et pour éviter le rejet du petit lait à DBO élevée, la valorisation de ce dernier en produits cosmétiques est une des solutions de choix. La possibilité de son utilisation à la fois en tant qu'actif et excipient offre la possibilité de son exploitation en grande quantité. Le petit lait se décline facilement en émulsion eau dans huile ou émulsion huile dans eau, avec des produits hautement stables, ce qui offre un moyen de confectionner une gamme très variée, les propriétés du soja sur la peau étant multiples.

L'expansion économique des pays en développement passerait obligatoirement par un épanouissement de l'activité industrielle, en particulier le secteur agro-alimentaire. Il est préconisé pour ces pays de multiplier les recherches afin de favoriser les co-produits, plutôt que de rejeter des sous-produits. Les études d'impact environnemental avant instauration des industries ne devraient pas seulement tenir compte des procédés de traitement des déchets et des eaux usées ainsi que des impacts socio-environnementaux. Les possibilités de valorisation totale des produits devraient aussi faire partie des critères d'évaluation. Les procédés à faible pourcentage de transformation devraient être défavorisées afin de mieux appliquer le système d'économie circulaire et de préserver un développement durable.

Bibliographie

- [AMB 19a] : AMBER N., FOGARASSY C., « Green Consumer Behavior in the Cosmetics Market », *Resources*, 8, 137, 2019.
- [AMB 19b] : AMBER N., « Investigating consumer behavior with Natural Cosmetics », dans *Proceedings of the 9th International Conference on Management*, Vol 1., Université Szent Istvan Hongrie, 2019.
- [ANB 07] : ANBARASU K., VIJAYALAKSHMI G., « Improved Shelf Life of Protein-Rich Tofu Using *Ocimum sanctum* (tulsi) Extracts to Benefit Indian Rural Population», *Journal of Food Science*, 72,8, 2007.
- [BAR 18] : BARBER ST., ET AL., « Closing nutrient cycles with biochar- from filtration to fertilizer », *Journal of Cleaner Production*, 197, 1, 1597-1606, 2018.
- [BEN 18] : BENNIKE NH., ET AL., « Allergic contact dermatitis caused by hydroperoxides of limonene and dose-response relationship—A repeated open application test (ROAT) study», *Contact dermatitis*, 1-9, 2018.
- [CAR 13] : CARVALHO MG., ET AL., « *Schinus terebinthifolius* Raddi: chemical composition, biological properties and toxicity», *Rev. Bras. Pl. Med., Botucatu*, 15,1,158-169, 2013.
- [CHU 19] : CHUA J.Y.LIU S.Q., « Soy whey: More than just wastewater from tofu and soy protein isolate industry », *Trends in Food Science & Technology*, 91, 24-32, 2019.
- [CLA 13] : CLARIANT, « Nipaguard», *Product Fact Sheet*, 2013.
- [DAN 16] : DANNENBERG G.D.S., ET AL., « Antimicrobial and antioxidant activity of essential oil from pink pepper tree (*Schinus terebinthifolius* Raddi) in vitro and in cheese experimentally, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 36, 120-127, 2016.
- contaminated with *Listeria monocytogenes*», *Food Control*, DOI 10.1016/j.foodcont.2018.07.034, 2018.
- [DAN 18] : DANNENBERG G.D.S., ET AL., « Essential oil from pink pepper (*Schinus terebinthifolius* Raddi): Chemical 2 composition, antibacterial activity and mechanism of action», *Food Control*, DOI 10.1016/j.foodcont.2018.07.034, 2018.
- [DOM 21] : DOMASZEWSKA-SZOSTEK A., ET AL., « Flavonoids in Skin Senescence Prevention and Treatment », *International Journal of Molecular Sciences*, 22, 6814, 2021.
- [FAI 14] : FAISAL M., ET AL., « Potential Renewable Energy from Tofu Processing Waste in Banda Aceh City, Indonesia », *Asian Journal of Chemistry*, 26, 19, 6601-6604, 2014.
- [FAR 20] : FARIA-SYLVA C. ET AL., « Feeding the skin: A new trend in food and cosmetics convergence», *Trends in Food Sciences and Technology*, 95, 21-32, 2020.
- [FIL 15] : FILIERI R., « From market-driving to market-driven: An analysis of Benetton's strategy change and its implications for long-term performance», *Marketing Intelligence and Planning*, 3, 33, 2015.
- [GOT 18] : GOTOW N., ET AL., « Familiarity and Retronasal Aroma Alter Food Perception », *Chemosensory Perception*, 11, 77-94, 2018.
- [KIM 17] : KIM J.E., ET AL., « Review of Soybean Phytochemicals and Their Bioactive Properties Relevant for Skin Health », *Journal of Food and Nutrition Research*, 5, 11, 852-858, 2017.
- [KIR 21] : KIRBRIDE L. ET AL., « Designing a Suitable Stability Protocol in the Face of a Changing Retail Landscape», *Cosmetics*, 8, 64, 2021.
- [LEE 18] : LEE K.Y., « Quality characteristics and storage stability of low-fat tofu prepared with defatted soy flours treated by supercritical-CO₂ and hexane », *LWT Food Science & Technology*, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.10.073>, 2018.
- [LOI 20] : LOIZIDOU A., ARGYRI P., « Circular economy and innovative business », *Open Schools Journals for open Science*, 3,3, 2020.
- [NAG 19] : NAGULA RL, WAIRKAR S., « Recent advances in Topical delivery of flavonoids, a review», *Journal of controlled Release*, <https://doi.org/10.1016/j.jconrel.2019.01.029>, 2019.
- [NUG 16] : NUGUSU Y., GUDISA A., « Evaluation of Coagulants on Soy Cheese Making Efficiency», *International Journal of Trend in Research and Development*, 3, 1, 2016.
- [NUG 19] : NUGROHO G.S.F.ET AL., « Environmental analysis of tofu production in the context of cleaner production: case study of tofu household industries in Salatiga, Indonesia», *Journal of Environmental Science and Sustainable Development*, 2(2), 127-138, 2019.

- [OSO 21] : OSORIO L.D.R. ET AL, « The Potential of Selected Agri-Food Loss and Waste to Contribute to a Circular Economy: Applications in the Food, Cosmetic and Pharmaceutical Industries», *Molecules*, 26, 515, 2021.
- [SAU 16] : SAUVE S. ET AL, « L'économie circulaire, une transition incontournable», *Les Presses de l'Université de Montréal*, 2016.
- [SIT 20] : SITANGGANG A.B.. ET AL, « The utilization of bilimbi (*Averrhoa bilimbi*) and lime (*Citrus aurantifolia*) juices as natural acid coagulants for tofu production», *Food Sciences and Technology*, 57, 12, 4660-4670, 2020.
- [SHA 14] : SHARIF M.K.. ET AL, « Sensory Evaluation and Consumer Acceptability», dans M.S. Butt et T. Zahor. *Handbook of Food Science and Technology*, *UAF Press*, Faisalabad, Pakistan, 2014.
- [TAN 17] : TANG X, LIU J., « A Comparative Study of Partial Replacement of Wheat Flour with Whey and Soy Protein on Rheological Properties of Dough and Cookie Quality», *Journal of Food Quality*, <https://doi.org/10.1155/2017/2618020>, 2017.
- [VIE 09] : VIEIRA R.P. ET AL, « Physical and physicochemical stability evaluation of cosmetic formulations containing soybean extract fermented by *Bifidobacterium animalis*», *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 45, 3, 2009.
- [WOR 20] : WORLDDATABANK, « Indicator for Madagascar, access to electricity», <https://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.ACCS.ZS?locations=MG>, 2020.
- [ZHA 20a] : ZHANG J, ET AL, « Enhancement of nutritional soy protein and peptide supplementation on skin repair in rats», *Journal of Functional Foods*, 75, 104231, 2020.
- [ZHA 20b] : ZHAO C.C, ET AL, « Influence of high-intensity ultrasound application on the physicochemical properties, isoflavone composition, and antioxidant activity of tofu whey», *LWT-Food Science and Technology*, 117, 108618, 2020.