



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Ecole Nationale Supérieure Agronomique

Département : Technologie alimentaire.

Spécialité : Elaboration et qualité des aliments

المدرسة الوطنية العليا للفلاحة

القسم: التكنولوجيا الغذائية

التخصص: اعداد و نوعية الاطعمة

Mémoire De Fin D'études

En Vue De L'obtention Du Diplôme De Master

THEME

Formulation et caractérisation rhéologique du pain composite blé tendre/ orge (*Triticum aestivum/ Hordeum vulgare L.*) par la méthodologie des mélanges binaires.

Présenté Par : - BOUALI Hassina.

Soutenu le : 27/07/2021.

- DEHOUCHE Selma.

Devant le jury composé de :

Promoteur :

M. GUEZLANE Louardi.

Professeur, ENSA

Co-promotrice :

Mme YETTOU Nadia

Responsable du laboratoire central de l'OAIC

Président de jury :

M. FERRADJI Ali.

Professeur, ENSA

Examineurs :

M. BOUKHARI Nabil

Maitre conférence, Université Blida.

Mme AIT CHAUCHE Ferial Sabrina

Maitre conférence, Université Blida.

Promotion : 2018-2021

Table des matières

Introduction	1
Partie 01 : Etude bibliographique	3
Chapitre I : Généralités sur les céréales	4
1.1. Généralités sur le blé tendre	4
1.1.1 Généralités	4
1.1.2 Marché national du blé tendre :(production, consommation, importations).....	4
1.1.3 Description d'un grain de blé :	6
1.1.3.1 L'enveloppe :	7
1.1.3.2 L'albumen et amande farineuse :	7
1.1.3.3 Le germe :	7
1.1.4 Composition biochimique d'un grain de blé tendre :	7
1.2. Généralités sur l'orge :	8
1.2.1 Généralités	8
1.2.2 Marché national de l'orge : (production, consommation, importation).....	9
1.2.3 Description d'un grain d'orge :	10
1.2.3.1 L'embryon :	11
1.2.3.2 L'endosperme (l'albumen) :	11
1.2.3.3 La couche à aleurones :	12
1.2.3.4 Le péricarpe-testa :	12
1.2.3.5 La paroi externe :	12
1.2.4 Composition biochimique d'un grain d'orge :	12
1.2.5 Importance et utilisation de l'orge	13
1.2.5.1 Importance de l'orge :	13
1.2.5.1.1 Les bêta-glucanes :	14
1.2.5.1.1.1 Propriétés des bêta-glucanes :	14
1.2.5.2 Utilisation de l'orge :	14
Chapitre II : Généralités sur la farine	15
2.1. Définition de la farine	15
2.2. Farine de blé tendre	15

2.2.1Composition biochimique de la farine de blé tendre :	15
2.2.1.1L'eau :	15
2.2.1.2Les glucides :	15
2.2.1.2.1 L'amidon (sucre complexe) :	15
2.2.1.2.2 Les petites molécules glucidiques (les sucres simples) :	15
2.2.1.3Les protéines :	15
2.2.1.3.1 Albumine et globuline :	16
2.2.1.3.2 Le gluten : (gliadines et gluténines) :	16
2.2.1.4Les lipides :	16
2.2.1.5Les matières minérales :	16
2.2.1.6Les vitamines :	16
2.2.1.7Les enzymes :	17
2.2.1.7.1 Les protéases :	17
2.2.1.7.2 Les lipases :	17
2.2.1.7.3 Les amylases :	17
2.2.2La qualité de la farine :	17
2.2.2.1La valeur meunière :	17
2.2.2.2La valeur boulangère :	17
2.2.2.2.1 La force boulangère :	18
2.2.2.2.2 Les Propriétés fermentatives	18
2.2.3Les différents types de farine.	18
2.2.3.1La classification française :	18
2.2.3.2La classification algérienne :	19
2.2.3.2.1Farine de type courant :	19
2.2.3.2.2Farine de type supérieur :	19
2.3 La farine d'orge :	19
2.3.1Composition biochimique de la farine d'orge.	19
2.4 La farine composée	20
Chapitre III : Généralités sur le pain.	22
3.1. Définition.	22

3.2. Les différents types de pain.....	22
3.2.1Le pain de tradition française :	22
3.2.2Pain de campagne :	22
3.2.3Le pain complet :	22
3.2.4Les pains spéciaux :	22
3.2.4.1Pain de mie :	22
3.2.4.2Pain viennois :	22
3.2.4.3 Pain brioché :	22
3.3. La panification.....	23
3.3.1Les ingrédients utilisés en panification.....	23
3.3.1.1Farine panifiable :	23
3.3.1.2Eau :	23
3.3.1.2.1 La qualité :	23
3.3.1.2.2 La quantité :	23
3.3.1.2.3 La température :	23
3.3.1.3Levure :	23
3.3.1.4Sel alimentaire :	24
3.3.2 Les étapes de la panification. (Procédé)	24
3.3.2.1 Le pétrissage :	24
3.3.2.2 Le pointage :	25
3.3.2.3 La division :	25
3.3.2.4 Le boulage :	25
3.3.2.5 Le façonnage :	25
3.3.2.6 L'apprêt :	25
3.3.2.7 Le grignage ou scarification :	25
3.3.2.8 Le cuisson :	26
3.3.2.9 Le ressuyage ou refroidissement :	26
3.3.3 Le qualité du pain.	27

Partie 02 : Matériels et méthodes. 28

1.Objectif et démarche expérimentale :29

2.Matériels :29

2.1. Lieu de l’expérimentation :29

2.2. Matériel végétal :29

3.Préparation des farines reconstituées :31

4.Méthodes d’analyses32

4.1. Analyses physico-chimiques32

4.1.1Détermination de la teneur en eau (NA 1132. 1990 ; ISO 712 :2009) :32

4.1.1.1 Définition :32

4.1.1.2 Principe :32

4.1.1.3 Expression des résultats32

4.1.1.4 Répétabilité :32

4.1.2Dosage des protéines suivant la méthode « Kjeldahl » (NA 1158.1990) :32

4.1.2.1 Définition :32

4.1.2.2 Principe :32

4.1.2.3 Expression des résultats33

4.1.3Taux de cendre (NF V 05-113, 1972).....33

4.1.3.1. Principe: 33

4.1.3.2 Expression des résultats : 33

4.1.4Test de sédimentation dans une solution SDS – acide lactique : (Méthode d’AXFORD 1979).....34

4.1.4.1 Réactifs : 34

4.1.4.2 Mode opératoire :34

4.2. Analyses technologiques.....35

4.2.1Granulométrie des particules (taux d’affleurement) :35

4.2.1.1 Définition :35

4.2.1.2 Principe :35

4.2.1.3 Expression des résultats :35

4.2.2Détermination du taux de gluten (NA.735.1989) :35

4.2.2.1	Gluten humide :	35
4.2.2.1.1	Principe :	36
4.2.2.1.2	Expression des résultats :	36
4.2.2.2	Gluten sec :	36
4.2.2.3	Coefficient d'hydratation :	36
4.2.3	Détermination de l'indice de chute HAGBERG :	37
4.2.3.1	Principe :	37
4.2.3.1	Mode opératoire :	37
4.2.3.2.1	Préparation de l'échantillon :	37
4.2.3.2.2	Détermination :	37
4.2.3.2.3	Expression des résultats :	38
4.2.3.2.4	Répétabilité :	38
4.3.	Analyses rhéologiques	38
4.3.1	Essai à l'alvéographe (NA 1188.1990, AFNOR-V 03-710) :	38
4.3.1.1	Principe :	38
4.3.1.2	Mode opératoire :	38
4.3.1.2.1	Pétrissage :	39
4.3.1.2.2	Préparation des éprouvettes :	39
4.3.1.2.3	Essai à l'alvéographe des éprouvettes :	39
4.3.1.3	Expression des résultats :	40
4.3.1.3.1	Lecture de la courbe :	40
4.4.	Méthodes directes (Essai de panification)	40
4.4.1	Principe :	41
4.4.2	Ingrédients :	41
4.4.3	Matériel :	41
4.4.4	Le diagramme de fabrication du pain :	42
4.4.5	Détermination de la masse et du volume des pains :	43
4.4.5.1	Mesure du volume spécifique :	43
4.4.5.1.1	Principe :	43
4.4.5.1.2	Mode opératoire :	43

4.4.5.1.3 Expression des résultats :	43
5.Analyse statistique :	44
5.1. Analyse de la variance (ANOVA) de l'effet des différents paramètres sur les réponses. .	44
5.1.1 Analyse de screening :	44
Partie 03 : Résultats et discussions. 45	
1.Caractéristiques physico-chimiques des farines composées :	46
1.1. La teneur en protéines :	46
1.2. Le taux de cendres :	47
1.3. Le taux d'humidité :	48
1.4. Le test de sédimentation :	49
1.5. Les diagrammes de Pareto des paramètres physico-chimique :	49
2.Propriétés technologiques des mélanges utilisés :	53
2.1. Le taux d'affleurement :	53
2.2. L'indice de chute :	53
2.3. Le gluten sec et gluten humide :	54
2.4. La capacité d'hydratation :	55
2.5. Les diagrammes de Pareto des paramètres technologiques :	55
3.Détermination des paramètres rhéologiques des farines composées :	58
3.1. Le travail de déformation (W) :	58
3.2. Indice de gonflement (G) :	59
3.3. Rapport de configuration (P/L) :	59
4.Essai de panification des farines composées.	59
4.1. Test de panification sur la pâte des farines composées.	59
4.2. Test de panification sur les caractéristiques du pain et de la mie :	60
4.3. Evaluation globale du test de panification	61
5.Etude comparative des paramètres physico-chimiques, technologiques, rhéologiques des farines composées (Analyse de la variance).	62
6.Validité du modèle mathématique.	64
7.Optimisation des paramètres influençant la formulation de pain composite par la méthodologie de surface de réponse :	64
7.1. Interprétation des résultats par la Méthodologie de Surface de Réponse.	65
7.1.1Optimisation des paramètres de panification :	65
7.1.2Analyse de la variance (ANOVA) de l'effet des différents paramètres sur les réponses. .	66

7.1.2.1 Interprétation des diagrammes de Pareto :	68
7.1.2.2 Analyse de la variance	69
8. Modelisation statistique de la formulation.	70
8.1. Aspect de la pâte :	70
8.2. Aspect du pain:	71
8.3. Aspect de la mie:	73
8.4. La valeur boulangère:	74
Conclusion	76
Références bibliographiques	78
Annexes :	91

Résumé

L'objectif de notre étude est de contribuer à la réduction des importations de blé tendre (*Triticumaestivum*) par l'utilisation de la farine d'orge en panification et également augmenter le score nutritif et médical du produit final de consommation.

A cet effet, les propriétés physico-chimiques et rhéologiques des mélanges binaires (farine blé tendre, orge) ont été déterminées.

L'étude montre qu'une substitution de farine de blé tendre avec des pourcentages de 10 à 90 de farine d'orge induit une augmentation de certains paramètres physico-chimiques en l'occurrence les teneurs en protéines (10,77 à 12,96 %), en cendres (0,44 à 2,72%), et pour le test de sédimentation dont les teneurs oscillent entre 67,33 à 31,67ml.

S'agissant des données alvéographiques de la pâte à base de ces mélanges binaires, la substitution entraîne une diminution du travail de déformation (W) et en revanche, le rapport de configuration (P/L) accuse une augmentation ($\chi_1=3,42$ et $\chi_5=6,78$).

En somme, cette étude permet de mettre en place des farines composées de qualité du point de vue nutritionnel et acceptable sur le plan technologique malgré la baisse de leurs paramètres rhéologiques suite à la substitution.

Le passage des tests indirects au test direct (Panification) fait ressortir les observations suivantes :

- Sur l'aspect de la pâte : les pains répondant aux normes, issus des mélanges contenant une quantité élevée de farine de blé tendre présentent une pâte dont l'élasticité, l'extensibilité, le déchirement, le relâchement et le collant de la panification idéale. Ces paramètres de notations se dégradent avec l'augmentation des mélanges d'orge retenus.
- Sur l'aspect du pain : les pains issus des mélanges binaires retenus dans nos conditions expérimentales sont des pains bien à moyennement développés avec un coup de lame régulier et bien jeté, une couleur brillante. Le pain présente une bonne odeur et saveur.
- Sur l'aspect de la mie : les pains issus des mélanges présentent un mie de couleur blanche avec des alvéoles réguliers.
- Et enfin sur la valeur boulangère est nettement plus élevée chez les pains issus des mélanges qui contiennent une quantité élevée de farine de blé tendre que chez ceux à teneur élevée en farine d'orge.

L'analyse des résultats sur le plan statistique fait ressortir que le mélange optimal des farines composées par la méthode des surfaces de réponses est de 80% FBT 20%FO.

Mots-clés : Orge, blé tendre, mélanges, pain, test de panification, farine, valeur boulangère.

Abstract

The objective of our study is to contribute to the reduction of soft wheat (*Triticum aestivum*) imports by using barley flour in bread-making and also to increase the nutritional and medical score of the final consumer product.

To this end, the physico-chemical and rheological properties of binary mixtures (soft wheat flour, barley) were determined.

The study shows that a substitution of soft wheat flour with percentages of 10 to 90 of barley flour induces an increase in certain physico-chemical parameters, namely the contents of protein (10.77 to 12.96%), ash (0.44 to 2.72%), and for the sedimentation test, the contents of which oscillate between 67.33 and 31.67ml.

As regards the alveographic data of the paste based on these binary mixtures, the substitution leads to a decrease in the work of deformation (W) and on the other hand, the configuration ratio (P/L) shows an increase ($\alpha_1=3.42$ and $\alpha_5=6.78$).

In sum, this study allows the development of composite flours of nutritional quality and technological acceptability despite the decrease in their rheological parameters following substitution.

The transition from indirect to direct tests (bread-making) brings out the following observations:

- On the aspect of the dough: the breads meeting the standards, resulting from the mixtures containing a high quantity of soft wheat flour, present a dough whose elasticity, extensibility, tearing, looseness and stickiness of the ideal bread making. These rating parameters deteriorate with the increase of the selected barley mixtures.
- On the aspect of the bread: the breads resulting from the binary mixtures retained in our experimental conditions are well to moderately developed breads with a regular and well thrown blade, a brilliant colour. The bread has a good smell and flavour.
- On the appearance of the crumb: the breads from the mixtures have a white crumb with regular cells.
- Finally, the baking value of the breads from the mixtures with a high content of soft wheat flour was significantly higher than that of the breads with a high content of barley flour.

The statistical analysis of the results shows that the optimal blend of flours composed by the response surface method is 80% FBT 20%FO.

Keywords: Barley, soft wheat, blends, bread, baking test, flour, baking value.

ملخص.

الهدف من دراستنا هو المساهمة في تقليل واردات القمح الشائع (*Triticum aestivum*) من خلال استخدام دقيق الشعير في صناعة الخبز وأيضاً زيادة النتيجة الغذائية والطبية للمنتجانهاثيلاستهلاك.

تحقيقاً لهذه الغاية تم تحديد الخصائص الفيزيائية والكيميائية والريولوجية للمخاليط الثنائية (دقيق القمح الطري، الشعير).

أظهرت الدراسة أن استبدال دقيق القمح اللين بنسب 10 إلى 90% من دقيق الشعير يؤدي إلى زيادة في بعض المعايير الفيزيائية والكيميائية، في هذه الحالة محتوى البروتين (10.77 إلى 12.96%) والرماد (0.44 إلى 2.72%)، واختبار الترسيب تتراوح محتوياته بين 67.33 إلى 31.67 مل.

فيما يتعلق بالبيانات الألفيوغرافية للعجين بناءً على هذه المخاليط الثنائية، يؤدي الاستبدال إلى تقليل عمل التشوه (W)، ومن ناحية أخرى، تُظهر نسبة التكوين (P / L) زيادة ($x1=3.42$ and $x5=6.78$).

باختصار، تتيح هذه الدراسة إمكانية إعداد دقيق ذو جودة غذائية ومقبول من وجهة نظر تكنولوجية على الرغم من انخفاض المعلمات الريولوجية بعد الاستبدال.

يبرز المرور من الاختبارات غير المباشرة إلى الاختبار المباشر (صناعة الخبز) الملاحظات التالية:

- عنشكلالعجين: الخبز المطابق للمعايير، مصنوع من خلطات تحتوي على كمية عالية من دقيق القمح الطري، تتميز بمرونتها، وقابليتها للتمدد، والتمزق، والترهل، وصنع الخبز اللزج. تتدهور معايير التصنيف هذه مع زيادة مخاليط الشعير المختارة.
- فيما يتعلق بالخبز: الخبز الناتج عن الخلطات الثنائية المستخدمة في ظروفنا التجريبية جيد للخبز المطور بشكل معتدل بضرية نصل منتظمة ويتم إقاؤه جيداً، وهو لون لامع. الخبز له رائحة ونكهة طيبة.
- من ناحية الفتات: الخبز المصنوع من الخلطات به فتات بيضاء مع خلايا منتظمة.
- وأخيراً، تكون قيمة الخبز أعلى بكثير في الخبز المصنوع من الخلطات التي تحتوي على كمية عالية من دقيق القمح الطري مقارنة بالخبز الذي يحتوي على نسبة عالية من دقيق الشعير.

أظهر التحليل الإحصائي للنتائج أن المزيج الأمثل للدقيق المكون من طريقة أسطح الاستجابة هو المزيج المتكون 20% من دقيق الشعير و80% من دقيق القمح الشائع.

الكلمات المفتاحية: الشعير، القمح الطري، المخاليط، الخبز، اختبار صناعة الخبز، الدقيق، قيمة الخبز.