

Qualités culinaires, sensorielles et nutritionnelles de pâtes alimentaires sans gluten à base de légumineuses

Karima Laleg, Denis Cassan, Cécile Barron, Sylvie Cordelle, Pascal Schlich, Stéphane Walrand, Valérie Micard

► **To cite this version:**

Karima Laleg, Denis Cassan, Cécile Barron, Sylvie Cordelle, Pascal Schlich, et al.. Qualités culinaires, sensorielles et nutritionnelles de pâtes alimentaires sans gluten à base de légumineuses. *Innovations Agronomiques*, INRA, 2017, 60, pp.145-156. <hal-01685939>

HAL Id: hal-01685939

<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01685939>

Submitted on 16 Jan 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Qualités culinaires, sensorielles et nutritionnelles de pâtes alimentaires sans gluten à base de légumineuses

Laleg K.^{1,2}, Cassan D.¹, Barron C.¹, Cordelle S.³, Schlich P.³, Walrand S.², Micard V.¹

¹ UMR 1208 IATE (SupAgro-INRA-UM-CIRAD), 2 Place Pierre Viala, F-34060 Montpellier cedex 01.

² UMR 1019 UNH (INRA-Université Clermont Auvergne), F-63000 Clermont Ferrand.

³ CSGA - Centre des Sciences du Goût et de l'Alimentation (CNRS, INRA, Univ. Bourgogne Franche-Comté), F-21000 Dijon.

Correspondance : valerie.micard@supagro.fr

Résumé

Les pâtes alimentaires sont traditionnellement fabriquées à partir de semoule de blé dur en France. Leur procédé de fabrication, la pastification, consiste à hydrater, malaxer, extruder et sécher la pâte, lui conférant une structure finale compacte faite d'un réseau protéique enserrant les granules d'amidon. Cette structure spécifique est à l'origine de leur faible indice glycémique et de leurs qualités organoleptiques. D'un point de vue nutritionnel, les pâtes au blé demeurent néanmoins pauvres en certains acides aminés indispensables comme la lysine. Leur consommation engendrerait également des désordres métaboliques chez les personnes intolérantes au gluten. Certaines pâtes fabriquées à partir de céréales sans gluten sont aujourd'hui commercialisées, mais elles demeurent pauvres en protéines. Les légumineuses, grâce à leur richesse en protéines et en lysine, et leur faible indice glycémique, représenteraient une alternative pour la production de spaghetti sans gluten. Des spaghettis sans gluten ont ainsi été fabriqués exclusivement à partir de farines de légumineuses ; leurs propriétés culinaires, sensorielles et nutritionnelles ont été caractérisées et comparées à celles de pâtes 100% blé et de pâtes aux céréales sans gluten du commerce. Cette étude montre l'intérêt potentiel de pâtes 100% légumineuses en nutrition humaine notamment pour les populations intolérantes au gluten.

Mots-clés : Nutrition, Spaghetti, Légumineuse, Protéine, Structure, Indice glycémique, Facteurs bioactifs.

Abstract: Cooking, sensory and nutritional properties of gluten free legume pasta

Durum wheat semolina is traditionally used to produce pasta by successive hydration, mixing, extrusion and drying steps. These steps give a compact structure to pasta, with a protein network entrapping starch granules. This specific structure is responsible for the low glycemic index of pasta and for its organoleptic qualities. However, wheat pasta remains nutritionally poor in lysine, an essential amino acid. In addition, wheat pasta consumption can cause metabolic disorders in gluten intolerant people. Some gluten-free pasta made of gluten-free cereal are available on the market, but remains low in protein. Legumes as a rich source in protein, lysine, and slowly digested carbohydrates, would be an interesting raw material to produce gluten-free pasta. Gluten-free spaghetti made exclusively from legume flours have been produced; their culinary, sensory and nutritional properties are characterized and compared to those of a 100% wheat and a commercial gluten-free cereal pasta. This study demonstrates the nutritional benefit of legume pasta notably for the gluten intolerant people.

Keywords : Nutrition, Spaghetti, Legume, Protein, Structure, Glycemic index, Bioactive compounds.

Introduction

Les pâtes représentent un aliment très largement apprécié par toutes les catégories de consommateurs, pour leurs qualités gustatives, leur facilité de préparation et leur prix raisonnable. Selon le rapport de l'Union des associations de fabricants de pâtes alimentaire de l'Union Européenne, la consommation de pâtes alimentaires a atteint $3,4 \times 10^3$ tonnes en 2015 en Europe. Avec 8 kg par habitant et par an en 2015, la France est le 10^{ème} pays plus grand consommateur de pâtes dans le monde, et le 4^{ème} en Europe. La pâte alimentaire est également l'un des aliments céréaliers les plus simples, fait traditionnellement de deux ingrédients, la semoule de blé dur et l'eau. Son procédé de fabrication consiste à hydrater, malaxer, extruder la pâte et enfin la sécher (Petitot et al., 2009). Ces étapes aboutissent à un aliment aux propriétés nutritionnelles d'intérêt, notamment sa teneur en glucides complexes (~70%) et en protéines (~13%) pour seulement 2% de lipides et son faible indice glycémique (32-65) comparé à celui d'autres aliments céréaliers (Foster-Powell et al., 2002), associées à un risque réduit de diabète de type 2 et de maladies chroniques (Barclay et al., 2008 ; Jenkins et al., 2002). Ce faible indice glycémique des pâtes est étroitement lié à leur structure spécifique formée lors du procédé de fabrication et décrite comme une structure compacte où le réseau de protéines entoure les grains d'amidon gélatinisés (Cunin et al., 1995).

Si les pâtes de blé présentent des propriétés nutritionnelles intéressantes, leurs protéines ou « gluten » restent déficitaires en certains acides aminés indispensables comme la lysine qui constitue le premier facteur limitant du blé, et la thréonine (Abdel-Aal et Hucl, 2002 ; Laleg et al., 2016a). De plus comme tous les aliments contenant du blé, les pâtes provoquent des troubles divers chez les personnes intolérantes au gluten, les obligeant ainsi à réduire ou même à cesser la consommation de gluten et donc de tous les produits à base de blé (Elli et al., 2015 ; Ludvigsson et al., 2014). De nos jours sur le marché, plusieurs spécialités pastières sans gluten existent, comme celles proposées par les marques Barilla®, Ma vie sans gluten®, Schär®. Ces produits restent cependant pauvres en protéines avec des teneurs jusqu'à deux fois moindres que celle d'une pâte au blé dur classique, et couvrent (pour 100 g de pâte sèche consommée) moins de 15% des besoins journaliers en protéines d'un homme adulte sédentaire de 70 kg (58 g/j). La recherche d'autres ingrédients riches en protéines et sans gluten pour la production de spécialités pastières sans gluten semble donc revêtir un intérêt particulier.

Les légumineuses, à la fois sans gluten et riches en protéines, sont de bonnes candidates. Elles contiennent de 24 à 28% de protéines et donc jusqu'à 4 fois plus qu'une céréale (Laleg et al., 2016c). De plus elles présentent un profil très intéressant en acides aminés indispensables, avec notamment une couverture possible des besoins en lysine, déficitaire chez le blé (Laleg et al., 2016a ; Laleg et al., 2016c). Outre leur composition intéressante en protéines et en acides aminés indispensables, les légumineuses sont très riches en fibres (entre 12 et 31 % contre 2% seulement pour les céréales) (Laleg et al., 2016c) et présentent un indice glycémique relativement bas par rapport aux produits à base de blé (20-54 pour les légumineuses contre 95 et 65 respectivement pour le pain et le couscous) (Foster-Powell et al., 2002).

Cet article constitue une étude comparative de spaghetti sans gluten produits à partir de farines de légumineuses (selon un procédé de production breveté par l'INRA et Montpellier Supagro) avec des spaghetti du commerce de blé complet et des spaghetti aux céréales sans gluten. Une comparaison de leur structure multi-échelle, de leurs propriétés d'usage, de leurs propriétés nutritionnelles, notamment la digestion *in-vitro* de l'amidon et leur teneur en facteurs antinutritionnels, ainsi que l'appréciation sensorielle du consommateur a été réalisée.

1. Matériels et méthodes

1.1 Les matières premières

La semoule de blé dur (BD) a été fournie par Panzani (Aix-en-Provence, France). Les farines de fêverole (F) et de lentilles (L) ont été fournies respectivement par GEMEF (Aix-en-Provence, France) et Celnat Industries (Saint-Germain-Laprade, France). La farine de haricot urd (HU) a été fournie par l'Université de Pondicherry (Pondicherry, Inde). La distribution granulométrique D50 (diamètre pour lequel la valeur de la distribution granulométrique cumulée est de 50 %) était respectivement de 25, 22 et 50 μm pour les farines F, L et HU. La composition des matières premières est donnée dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Composition des matières premières.

Composition (% matière sèche)	Farines de légumineuses			
	F	L	HU	BD
Amidon	57,6	48,6	45,7	77,8
Fibres totales	11,7	16,5	31,3	2,4
dont % de fibres insolubles	89,7	88,5	87,5	70,8
dont % de fibres solubles	10,3	11,5	12,5	29,2
Protéines	24,0	28,1	28,1	13,1
Acides aminés indispensables (mg/g protéine)				
Histidine	34,6	26,4	28,9	27,1
Isoleucine	33,7	46,1	48,3	30,0
Leucine	71,1	78,1	85,3	60,4
Valine	37,1	52,6	56,1	31,4
Lysine	71,1	72,2	68,5	25,4
Cysteine + méthionine	17,4	23,3	31,8	30,2
Tyrosine + Phenylalanine	74,0	79,0	86,9	65,8
Thréonine	35,9	37,9	34,8	22,4
Tryptophane	10,8	8,9	12,2	11,1
Lipides totaux	1,91	2,25	2,22	2,3

1.2 Production des spaghetti

Les farines de légumineuses (F, L ou HU) ont été transformées en spaghetti comme décrit dans le brevet WO2016097328 A1 (Laleg et al., 2016b), en utilisant une presse à pâte (capacité 8kg, Bassano, Lyon, France). Les spaghetti frais ont été séchés (AFREM, Lyon, France) à 55°C pendant 12 heures pour atteindre 11% d'humidité (Figure 1). Les pâtes faites à partir de farines de légumineuses ont été comparées aux spaghetti du commerce sans gluten de marque Schär® (Burgstall, Italie) (C), faits d'un mélange de maïs, de millet, de farine de riz et de sirop de canne et composés de 8% de protéines, 78% d'amidon et 2% de fibres. Le diamètre des pâtes C séchées était de $1,85 \pm 0,03$ mm et celui des pâtes aux légumineuses était de $1,47 \pm 0,03$ mm.

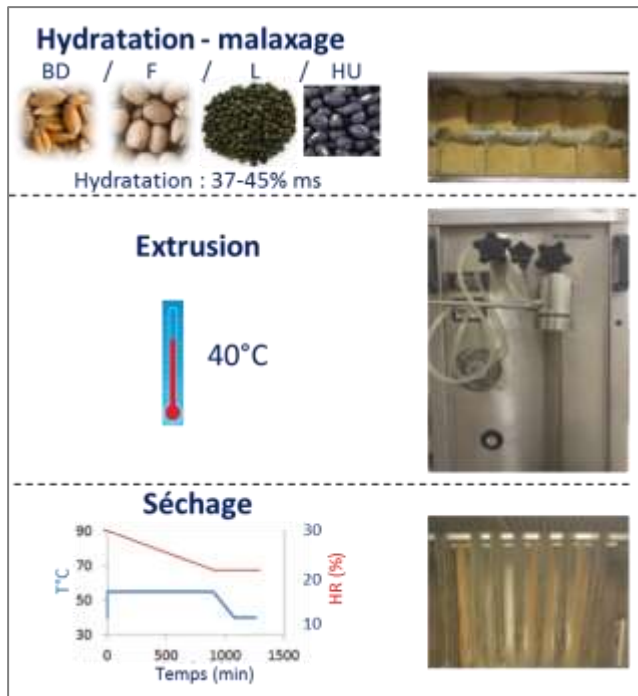


Figure 1 : Procédé de production des pâtes

1.3 Aspect général et couleur des spaghetti

Les photos des pâtes sèches ont été réalisées avec une caméra Samsung d'une résolution de 16 mégapixels. La couleur des pâtes sèches et des pâtes cuites a été mesurée à l'aide du chromamètre Minolta (Modèle CR-400, Minolta Co., Osaka, Japon) en utilisant le système Hunter L*, a*, b*. L* représente la luminance allant du noir (valeur : 0) au blanc (valeur : 100). La composante a* représente la gamme allant du rouge (128) au vert (-128). La composante b* représente la gamme allant du jaune (128) au bleu (-128).

1.4 Qualités culinaires des spaghetti

Le temps de cuisson des pâtes a été déterminé selon la méthode AACC (66-50) pour chacune des pâtes dans l'eau bouillante, déminéralisée et salée (7 g/L). Le temps de cuisson correspond au temps nécessaire à la disparition de la ligne blanche lors de l'écrasement de la pâte entre deux plaques de plexiglass signifiant que l'amidon est gélatinisé (méthode AACC 66-50). Les temps de cuisson respectifs des spaghetti F, L, HU, BD et C étaient de 9,5 min, 9,8 min, 6,6 min, 9,6 min et 11 min.

1.5 Pertes à la cuisson

Les pertes à la cuisson ont été déterminées au temps optimal de cuisson de chacune des pâtes comme la différence entre la masse des pâtes cuites et sèches, exprimée en pourcentage de la masse sèche de la pâte sèche.

1.6 Texture des pâtes cuites

Un test « TPA » (Texture Profile Analysis) a été réalisé en appliquant à deux reprises une déformation de 30% sur un morceau de spaghetti cuit à son temps de cuisson optimal à l'aide d'un module carré (Stable Micro Systems). Sur la courbe exprimant la Force en fonction du Temps composée de deux pics, la cohésion (aire du 2^d pic sur l'aire du 1^{er} pic) et l'élasticité de la pâte (distance de la 1^{ère} moitié du 2^{ème} pic sur la distance de la 1^{ère} moitié du 1^{er} pic) ont été extraites.

1.7 Microscopie en lumière claire des pâtes cuites

Les protéines ont été colorées 10 min avec du Fast Green 1g.L^{-1} (Sigma Aldrich Co., USA) et les granules d'amidon avec de l'iode par application d'une solution de Lugol (Fluka, Buchs, Suisse), diluée au 1/8 (v/v). Les coupes ont été ensuite rincées à l'eau distillée (3 fois/ 2 min). Les protéines apparaissent ainsi colorées en vert et les granules d'amidon en bleu-violet. Les images ont été ensuite observées au moyen d'un microscope AZ100M (Nikon, Japan) équipé d'une caméra Nikon DSRil (Nikon, Japan).

1.8 Agrégation des protéines des pâtes cuites

L'état d'agrégation des protéines dans les pâtes cuites lyophilisées broyées a été suivi par chromatographie liquide haute performance d'exclusion stérique (SE-HPLC) après extraction selon la méthode de Morel et al. (2000). Une première extraction conduite à 60°C pendant 80 min, sous agitation rotative, dans du tampon phosphate (0,1M, pH 6.9) contenant 1% de SDS, permet d'extraire la fraction des protéines liées par des interactions faibles. Une seconde extraction réalisée à 60°C pendant 60 minutes dans du tampon phosphate SDS contenant 20mM de dithioerythritol (DTE) avec sonification pendant 5 min a permis d'extraire la fraction des protéines insolubles dans le SDS. Cette fraction protéique correspond aux protéines liées par des interactions covalentes de type disulfures. La fraction de protéines restant insolubles après les deux extractions successives constitue la fraction de protéines insolubles, liée par des interactions covalentes autres que les ponts disulfures (types dipeptides). Le pourcentage de protéine dans chacune des fractions a été exprimé en pourcentage du total des protéines.

1.9 Composition nutritionnelle des pâtes cuites

Les protéines dans les pâtes cuites ont été déterminées par la méthode de Kjeldhal. Les fibres totales ont été déterminées par l'ISHA (Lonjumeau, France) selon la méthode JORF (1986). Les analyses de digestibilité *in-vitro* de l'amidon des pâtes cuites ont été réalisées par Englyst. Carbohydrates Ltd. (Englyst et al., 1999). La méthode est basée sur la mesure par chromatographie liquide haute performance de la quantité de glucose libérée durant un temps d'incubation donné avec des enzymes digestives, dans des conditions standardisées. Le glucose libéré après 20 min d'incubation correspond au glucose rapidement disponible (GRD). Il a été exprimé en g pour 100 g de glucides disponibles. L'amidon non digéré après 120 min de digestion représente l'amidon résistant.

1.10 La teneur en facteurs bioactifs des pâtes cuites

La teneur en inhibiteurs tryptiques a été déterminée par la méthode ISO 14902. Les alpha-galactosides (raffinose, verbascose et stachyose) ont été extraits selon la méthode de Hou et al. (2009) et leur teneur a été déterminée par Agrobio (Rennes, France) selon la méthode AOAC 980.13 and AOAC 982.14. La teneur en phytates a été déterminée selon la méthode de Latta et Eskin (1980). Les analyses ont été réalisées sur les pâtes cuites lyophilisées.

1.11 Appréciation sensorielle des pâtes

Un test de "liking" sur une échelle de 1 à 10 a été réalisé pour évaluer l'appréciation sensorielle des pâtes 100% féverole F. Les spaghetti 100% F ont été comparés aux spaghetti BD (100% blé dur) et à deux spaghetti du commerce (les spaghetti de blé complet de Celnat et les spaghetti C aux céréales sans gluten de Schäer). 43 dégustateurs ont fait le test dont 21 consommateurs réguliers de pâtes complètes au blé.

1.12 Analyse statistique

Tous les résultats (exceptés ceux de l'analyse sensorielle) ont été soumis à une analyse de variance suivie d'un test de Fisher pour comparer les moyennes à 5% de signification en utilisant le logiciel Statistica 8.0 (Tulsa OK, USA). Concernant l'analyse sensorielle, le seuil de confiance a été maintenu à

5%. L'analyse statistique a été réalisée en utilisant un système SAS (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

2. Résultats et discussion

2.2 Aspect de surface des Spaghetti

L'aspect de surface des spaghetti de légumineuses (Figure 2) est homogène, lisse par rapport à la pâte de commerce sans gluten qui présente, elle, plusieurs bosses et une surface rugueuse. La couleur des spaghetti dépend de celle de la matière première utilisée.

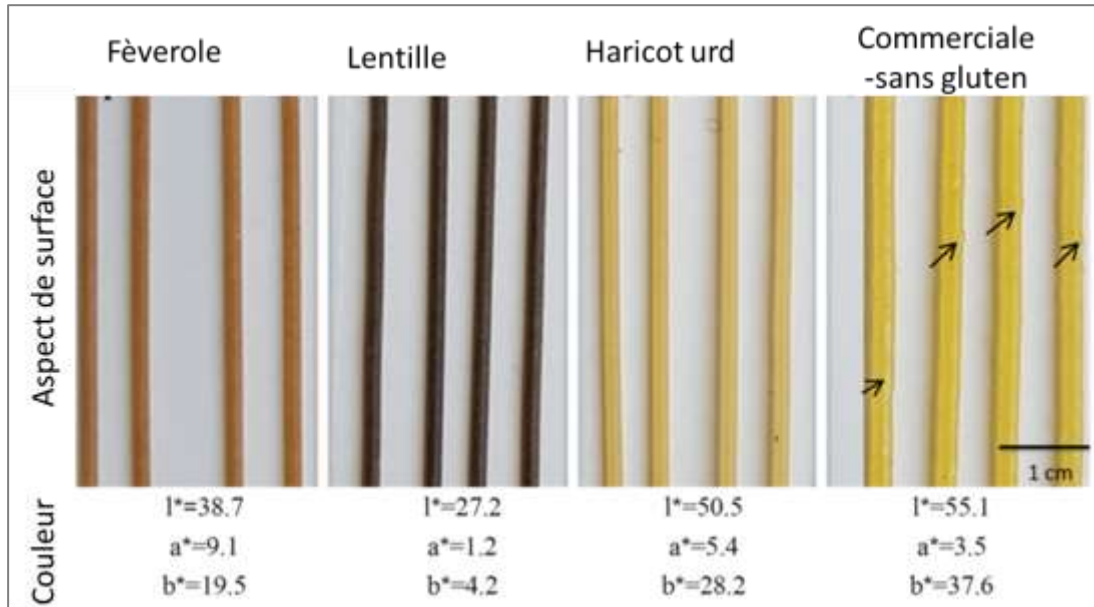


Figure 2 : Aspect de surface des spaghetti (Laleg et al., 2016c)

2.2 Qualités culinaires des spaghetti

2.2.1 Pertes à la cuisson

Les pertes à la cuisson des spaghetti sont présentées dans la Figure 3.

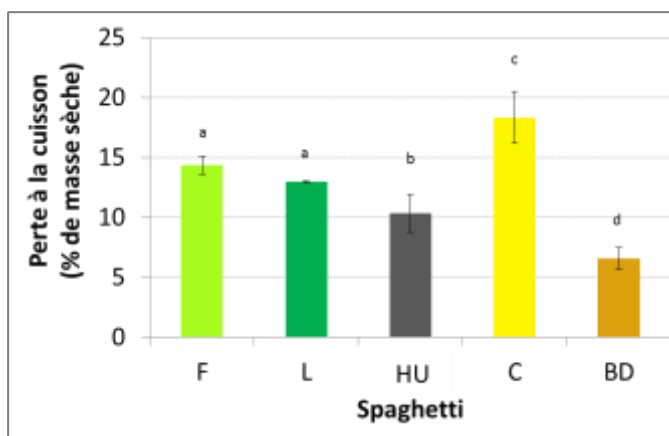


Figure 3 : Pertes à la cuisson des spaghetti (moyennes +/- SD de 3 déterminations). Les lettres différentes au-dessus des barres d'erreur indiquent des résultats significativement différents ($p < 0,05$).

La quantité de matière des pâtes aux légumineuses perdue à la cuisson est supérieure à celle d'une pâte classique au blé dur mais très nettement inférieures à celles d'une pâte sans gluten du commerce. L'absence du réseau de gluten capable de maintenir l'intégrité des spaghetti sans gluten pourrait être à l'origine de leurs pertes à la cuisson plus importantes que celles d'une pâte au blé.

2.2.2 Texture des spaghetti cuits

Les résultats de l'analyse de texture des spaghetti sont présentés dans la Figure 4. La cohésion des spaghetti aux légumineuses ainsi que leur élasticité sont inférieures à celles des spaghetti C ou BD.

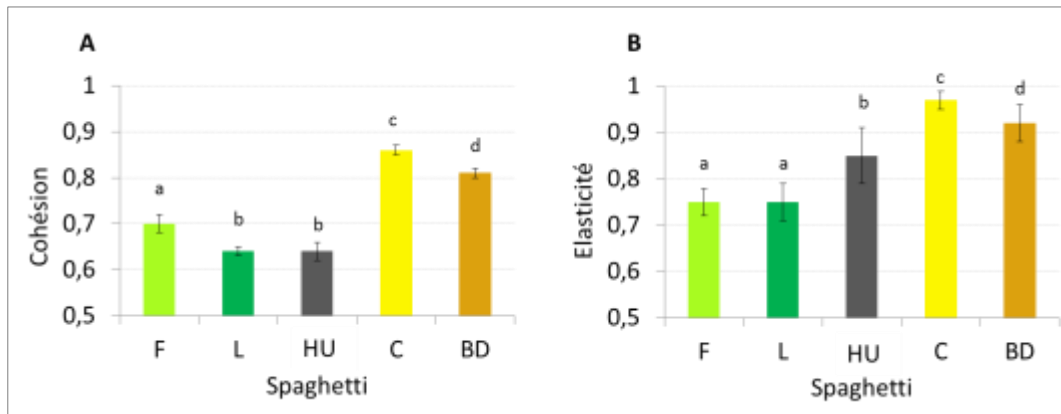


Figure 4 : Propriétés de texture des pâtes (moyennes +/- SD de 6 déterminations). A, la cohésion et B, l'élasticité des pâtes (grandeurs adimensionnelles). Les lettres différentes au-dessus des barres d'erreur indiquent des résultats significativement différents ($p < 0,05$).

Nous avons cherché à comprendre si ces propriétés culinaires et de texture particulières des pâtes aux légumineuses seraient liées à une structure différente de celle des spaghetti de blé ou de céréales sans gluten. Pour cela nous avons étudié la structure microscopique des pâtes et la structure moléculaire de leurs réseaux protéiques.

2.3 Structure multi-échelle des pâtes aux légumineuses

2.3.1 Echelle microscopique

Une image de la structure microscopique des spaghetti est présentée Figure 5. Le réseau protéique (en vert) des spaghetti de légumineuses est visiblement plus épais, en accord avec leur teneur en protéines deux fois plus importante, et les grains d'amidon (en bleu violet) sont plus gonflés que dans la pâte de blé.

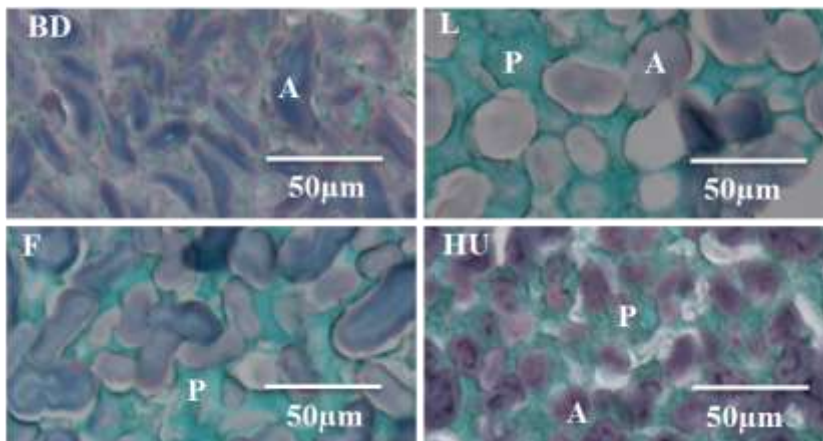


Figure 5 : Image microscopique en lumière claire des spaghetti cuits. Photo prise au centre de la pâte. A, amidon ; P, protéines ; BD, 100% blé dur ; L, lentille ; F, fèverole ; HU, haricot urd.

2.3.2 Echelle moléculaire

La nature des interactions entre les protéines est représentée dans la Figure 6. À l'échelle moléculaire, le réseau protéique des spaghettis aux légumineuses est essentiellement constitué de protéines liées par des liaisons faibles contrairement au réseau de protéines des spaghetti de blé et sans gluten de commerce où les ponts covalents de type disulfures sont très nombreux. Aucun des réseaux protéiques ne présente d'interactions covalentes autres que les liaisons disulfures. La faible structuration du réseau protéique des spaghettis aux légumineuses pourrait expliquer au moins partiellement leurs pertes à la cuisson élevées ainsi que leur faible cohésion et élasticité par rapport à une pâte de blé. Cependant, le réseau protéique des spaghetti C, pourtant constitué d'une proportion non négligeable de protéines liées par ponts disulfures, n'a pas empêché ces spaghetti d'atteindre des valeurs élevées de pertes à la cuisson par rapport aux spaghetti de légumineuses. Ceci pourrait être lié au diagramme hydrothermique utilisé par l'industriel pour le séchage de ses pâtes et notamment à l'utilisation de températures élevées pouvant conduire à la formation d'un réseau protéique certes très fort au niveau moléculaire mais se rompant lors du gonflement des granules d'amidon au cours de la cuisson (Bock et al., 2015).

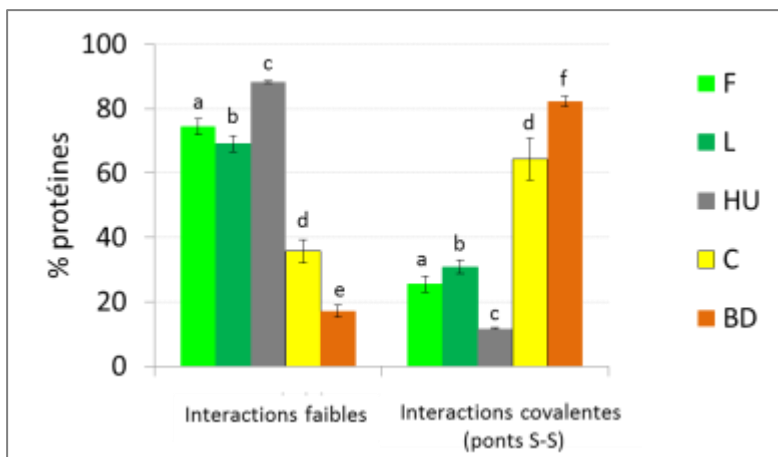


Figure 6 : Force des interactions entre les protéines au cœur du réseau protéique des spaghetti (moyennes +/- SD de 3 déterminations). Les lettres différentes au-dessus des barres d'erreur indiquent des résultats significativement différents ($p < 0,05$).

2.4 Composition nutritionnelle des spaghettis aux légumineuses

La composition nutritionnelle des différents spaghetti cuits est présentée Tableau 2. Conformément à la composition des matières premières, les spaghetti aux légumineuses sont très riches en fibres (jusqu'à 5 fois) par rapport aux spaghetti de blé et de céréales. Ils sont également deux fois plus riches en amidon résistant par rapport aux spaghetti de blé et de céréales sans gluten. Quant au glucose rapidement digestible (GRD) il est de façon intéressante plus faible dans les spaghettis à la lentille et à la fêverole, que dans les pâtes de blé et sans gluten du commerce. Le GRD mesuré *in-vitro* est un bon prédicteur de la glycémie postprandiale (Englyst et al., 1999). Les spaghetti F et L pourraient donc avoir un indice glycémique *in-vivo* moins élevé que des pâtes aux céréales.

Concernant la composition en protéines, les spaghetti de légumineuses présentent une teneur en protéine jusqu'à 3 fois plus importante que les spaghetti de céréales. Ils sont également très riches en acides aminés indispensables notamment la lysine (3 fois plus) par rapport à la pâte BD ou C, mais présentent comme toutes les légumineuses, une composition relativement faible en acides aminés sulfurés.

Tableau 2 : Composition nutritionnelle des spaghetti cuits

Pâte	F	L	HU	C	BD
Fibres (%)	2,2	3,3	4,4	0,8	0,8*
Amidon résistant (%)	1,16 ^b	0,99 ^c	1,05 ^d	0,58 ^a	0,58*
GRD (% glucose disponible)	62 ^b	63 ^b	67 ^a	67 ^a	67*
Protéines (%)	7,3	10,1	10,2	3,2	4,7
Acides aminés indispensables (mg/g protéines)					
Histidine	35,4	26,0	28,9	22,2	21,9
Isoleucine	37,9	48,8	48,1	39,2	36,5
Leucine	78,6	83,0	88,2	118,4	73,6
Valine	42,4	56,5	61,0	54,0	39,9
Lysine	68,7	68,3	71,3	20,3	19,0
Cystéine + méthionine	17,8	24,0	30,9	64,6	43,8
Tyrosine + Phénylalanine	80,8	84,8	92,8	89,3	75,4
Thréonine	38,8	38,8	34,9	31,6	26,9

Les lettres différentes dans chaque ligne désignent des résultats significativement différents ($p < 0,05$). Greffeuille et al. (2015).

2.5 Les composés bioactifs des spaghetti

Les légumineuses contiennent des composés bioactifs, qui peuvent être bénéfiques pour la santé grâce à leur effet antioxydant (Graf et al., 1987) ou prébiotique (Martinez-Villaluenga et al., 2008). Cependant, certains composés bioactifs comme les inhibiteurs de trypsine, les alpha-galactosides et les phytates peuvent réduire la biodisponibilité des nutriments ou provoquer de l'inconfort digestif (Brijesh et Narpinder ; Martinez-Villaluenga et al., 2008). Nous avons dosé ces facteurs antinutritionnels dans les pâtes aux légumineuses et les matières premières ayant servi à faire ces pâtes et déterminé le taux de réduction de ces facteurs par le procédé de fabrication et de cuisson des pâtes (Tableau 3).

Tableau 3 : Taux de réduction des facteurs bioactifs induite par le procédé de fabrication et de cuisson des spaghetti aux légumineuses

Facteur bioactif	Légumineuse	Réduction du facteur bioactif (% de la teneur initiale dans la farine de départ)
Alpha-galactosides		
	F	72,6
	L	66,1
	HU	40,6
Inhibiteurs de trypsine		
	F	68,4
	L	81,6
	HU	81,1
Acide phytique		
	F	2,6
	L	17,9
	HU	11,7

Le procédé de fabrication et de cuisson des pâtes réduit jusqu'à 82% de l'activité des inhibiteurs trypsiques et jusqu'à 73% de la teneur en alpha-galactosides. Quant aux phytates, l'effet du procédé de fabrication des pâtes et de leur cuisson demeure faible (inférieur à 18%).

2.6 Appréciation sensorielle des pâtes aux légumineuses par rapport aux produits du marché: exemple de la pâte 100% fève

Les spaghetti F 100% fève ont été comparés à celle de trois types de pâtes témoins : des pâtes 100% blé dur BD, des pâtes au blé complet et des pâtes aux céréales sans gluten C (figure 7). La pâte BD est la plus appréciée de tous les consommateurs. Les spaghetti F sont autant appréciés que les pâtes au blé complet (« complète ») et tendent même à être mieux appréciés qu'une pâte sans gluten C. Les consommateurs de pâtes complètes apprécient plus les spaghetti F par rapport aux consommateurs habitués à manger des pâtes classiques 100% blé dur BD.

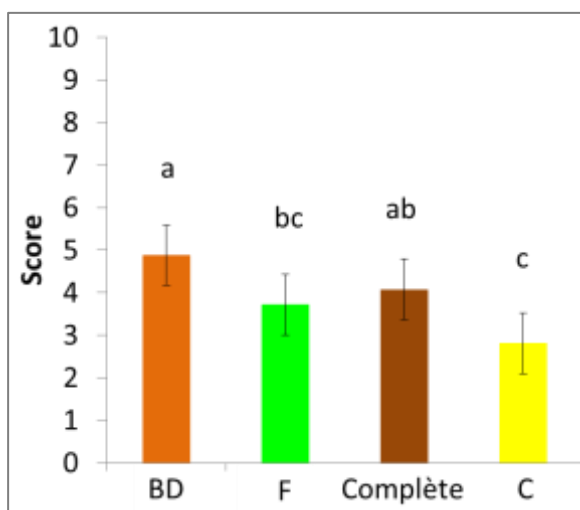


Figure 7 : Score d'appréciation sensorielle des spaghetti.

BD, 100% blé dur ; F, 100% fève ; Complète, pâte du commerce au blé complet ; C, pâte du commerce aux céréales sans gluten

Conclusion

Les spaghetti 100% légumineuses sont riches en protéines, en fibres et en acides aminés indispensables notamment en lysine, très déficitaires dans les spaghetti de céréales. Ils sont caractérisés par un indice glycémique *in-vitro* réduit par rapport à la pâte classique de blé, pouvant ainsi être bénéfique sur le risque de développer certaines maladies telles que diabète de type 2, les MCV ainsi que certains cancers. Les facteurs antinutritionnels qu'ils pourraient contenir peuvent être réduits par le procédé, notamment pour les facteurs antitrypsiques et les alpha-galactosides. Cependant l'effet du procédé de fabrication et de cuisson des pâtes reste relativement faible sur le taux de phytates. Les spaghetti de légumineuses ont une texture spécifique, différente de celle d'une pâte de blé traditionnelle et de celle d'une pâte aux céréales sans gluten et notamment une moindre élasticité, et cohésion en lien avec leur réseau protéique stabilisé essentiellement par des interactions faibles. Ces caractéristiques texturales spécifiques, auxquelles s'ajoute le goût typique de légumineuse différent de celui d'une céréale, pourraient déplaire au consommateur. Néanmoins, nous avons pu démontrer que les pâtes 100% légumineuses semblent aussi bien voire même mieux appréciées que leurs équivalents sans gluten à base de céréales du commerce. Ces caractéristiques organoleptiques, couplées à leur intérêt nutritionnel, font des spaghetti aux légumineuses un aliment bénéfique pour les populations souhaitant améliorer leur apport en protéines et en acides aminés indispensables, en particulier les intolérants au gluten.

Remerciements

Cette étude fait partie du projet Vegage « Vitesse de digestion et intérêt nutritionnel des sources protéiques végétales sur la rétention azoté et le métabolisme protéique au cours du vieillissement » financé par l'Institut Carnot Qualiment. Les auteurs remercient A.-L. Loiseau (CSGA, Dijon) et G. Conéjéro (INRA, Montpellier, France) respectivement pour leur participation à l'analyse sensorielle et pour les facilité d'accès à la Plate-forme d'Histocytologie et d'Imagerie cellulaire Végétale (PHIV, Montpellier) et J. Bonicel et T.-M. Lasserre (INRA Montpellier, France) pour leur assistance technique en biochimie tout au long de l'étude.

Références bibliographiques

- Abdel-Aal E.S.M., Hucl P., 2002. Amino acid composition and in vitro protein digestibility of selected ancient wheats and their end products. *Journal of Food Composition and Analysis*, 15(6), 737-747.
- Barclay A.W., Petocz P., McMillan-Price J., Flood V.M., Prvan T., Mitchell P., Brand-Miller J.C., 2008. Glycemic index, glycemic load, and chronic disease risk-a meta-analysis of observational studies. *Am J Clin Nutr.*, 87(3), 627-37.
- Bock J.E., West R., Iametti S., Bonomi F., Marengo M., Seetharaman K., 2015. Gluten Structural Evolution During Pasta Processing of Refined and Whole Wheat Pasta from Hard White Winter Wheat: The Influence of Mixing, Drying, and Cooking. *Cereal chemistry*, 92(5), 460-465.
- Brijesh T., Narpinder S., 2012. *Pulse chemistry and technology*. 1st ed. Cambridge: RCS Publishing.
- Cunin C., Handschin S., Walther P., Escher F., 1995. Structural-changes of starch during cooking of durum-wheat pasta. *Lebensmittel-Wissenschaft und- Technologie-Food Science and Technology*, 28(3), 323-328.
- Elli L., Branchi F., Tomba C., Villalta D., Norsa L., Ferretti F., Roncoroni L., Bardella M.T., 2015. Diagnosis of gluten related disorders: Celiac disease, wheat allergy and non-celiac gluten sensitivity. *World Journal of Gastroenterology*, 21(23), 7110-7119.
- Foster-Powell K., Holt S.H.A., Brand-Miller J.C., 2002. International table of glycemic index and glycemic load values: 2002. *American Journal of Clinical Nutrition*, 76(1), 5-56.
- Graf E., Empson K., Eaton J., 1987. Phytic acid. A natural antioxidant. *J. Biol. Chem.*, 262(24), 11647-50.
- Greffeuille V., Marsset-Baglieri A., Molinari N., Cassan D., Sutra T., Avignon A., Micard V., 2015. Enrichment of pasta with faba bean does not impact glycemic or insulin response but can enhance satiety feeling and digestive comfort when dried at very high temperature. *Food & Function*, 6(9), 2996-3005.
- Hou A., Chen P., Shi A., Zhang B., Wang Y.-J., 2009. Sugar variation in soybean seed assessed with a rapid extraction and quantification method. *International Journal of Agronomy*.
- Jenkins D.J.A., Kendall C.W.C., Augustin L.S.A., Franceschi S., Hamidi M., Marchie A., Jenkins A.L., Axelsen M., 2002. Glycemic index: overview of implications in health and disease. *American Journal of Clinical Nutrition*, 76(1), 266S-273S.
- Laleg K., Barron C., Sante-Lhoutellier V., Walrand S., Micard V., 2016a. Protein enriched pasta: structure and digestibility of its protein network. *Food & Function*, 7(2), 1196-1207.
- Laleg K., Cassan D., Abecassis J., Micard V., 2016b. Procédé de fabrication de pâte destinée a l'alimentation humaine et/ou animale comprenant au moins 35% de légumineuse. Institut national de la recherche agronomique (INRA) - centre international d'etudes superieures en sciences agronomiques (SupAgro). France. WO2016097328 A1. 23 juin 2016., Google Patents.
- Laleg K., Cassan D., Barron C., Prabhasankar P., Micard V., 2016c. Structural, Culinary, Nutritional and Anti-Nutritional Properties of High Protein, Gluten Free, 100% Legume Pasta. *PLoS ONE* 11(9).
- Latta M., Eskin M., 1980. A simple and rapid colorimetric method for phytate determination. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 28(6), 1313-1315.

Ludvigsson J.F., Bai J.C., Biagi F., Card T.R., Ciacci C., Ciclitira P.J., Green P.H.R., Hadjivassiliou M., Holdaway A., van Heel D.A., Kaukinen K., Leffler D.A., Leonard J.N., Lundin K.E.A., McGough N., Davidson M., Murray J.A., Swift G.L., Walker M.M., Zingone F., Sanders D.S., Grp B.S.G.C.D.G.D., 2014. Diagnosis and management of adult coeliac disease: guidelines from the British Society of Gastroenterology. *Gut*, 63(8), 1210-1228.

Martinez-Villaluenga C., Frias J., Vidal-Valverde C., 2008. Alpha-galactosides: Antinutritional factors or functional ingredients? *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48(4), 301-316.

Morel M.H., Dehlon P., Autran J.C., Leygue J.P., Bar-L'Helgouac'h C., 2000. Effects of temperature, sonication time, and power settings on size distribution and extractability of total wheat flour proteins as determined by size-exclusion high-performance liquid chromatography. *Cereal Chemistry*, 77(5), 685-691.

Petitot M., Abecassis J., Micard V., 2009. Structuring of pasta components during processing: impact on starch and protein digestibility and allergenicity. *Trends in Food Science & Technology*, 20(11-12), 521-532.

Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY-NC-ND 3.0).



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/fr/>

Pour la citation et la reproduction de cet article, mentionner obligatoirement le titre de l'article, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue « Innovations Agronomiques », la date de sa publication, et son URL).