DOSSIER NUTRITION:
ALIMENTATION À BASE VÉGÉTALE

LES LÉGUMINEUSES DANS UNE ALIMENTATION À BASE DE PLANTES

DEUXIÈME PARTIE: COMBINAISONS D'ALIMENTS PERMETTANT DE COMPLÉTER DE MANIÈRE OPTIMALE LES PROTÉINES DE LÉGUMINEUSES

Ulrike Gonder, Dipl. oec. troph., journaliste scientifique indépendante
Taunusblick 21, D-65510 Hünstetten
mail@ugonder.de

Berne, janvier 2023

swissmilk

Il est actuellement largement admis au sein de la société que notre alimentation doit être basée sur les plantes, aussi parce qu'on en attend des effets bénéfiques sur notre empreinte écologique. Or un point délicat est l'approvisionnement adéquat en protéines. Les légumineuses présentant une teneur élevée en protéines pour des aliments végétaux, on leur accorde une importance particulière. La première partie de ce dossier a traité de la «valeur des protéines de légumineuses», comme l'indique aussi le titre de l'article. Il y a été précisé que les protéines animales et végétales ne pouvaient pas être comparées sur une base d'un gramme pour un gramme. Cela vaut tant du point de vue nutritionnel, car la qualité des protéines est différente, que sur le plan de la protection du climat, car la valeur nutritionnelle ne serait pas prise en compte avec des comparaisons basées sur des grammes.

Les sources de protéines animales et végétales ne diffèrent pas seulement au niveau de la quantité et de la composition de leurs acides aminés, mais aussi de leur digestibilité. Ces deux aspects doivent être considérés lors de l'évaluation de la qualité des protéines et donc de l'élaboration de repas à base de plantes. Cette deuxième partie du dossier traite des «combinaisons d'aliments permettant de compléter de manière optimale les protéines de légumineuses».

TABLE DES MATIÈRES

4	**Introduction**
8	**Combiner des légumineuses: comment?**
9	Come together!
9	Le grand classique: légumineuses et céréales
11	Plus moderne: légumineuses et produits laitiers
12	Ne pas tenir compte que des acides aminés essentiels
13	Aliments au lieu d'isolats
14	**Synopsis et perspectives**
16	**Annexe**
16	Calcul du DIAAS en ligne
16	Idées de combinaisons de légumineuses et de produits laitiers dans un repas
17	**Bibliographie et répertoire des sources**

Impressum
© swissmilk 2023
Éditeur: Producteurs Suisses de Lait PSL, swissmilk, Berne
Responsable de projet: Susann Wittenberg, BSc en écotrophologie, swissmilk
Relecture: Ulrike Krüger, Flensburg
Traduction: Trait d'Union, Berne
Graphisme: Stefan Aebi, grafik & illustration, Toffen
Photos: swissmilk

INTRODUCTION

Nombreux sont les régimes alimentaires dans lesquels on préconise une consommation accrue de légumineuses: les recommandations nationales de l'Office fédéral de la sécurité alimentaire et des affaires vétérinaires (OSAV) ainsi que de la Société Suisse de Nutrition (SSN), le régime LOGI ou FlexiCarb, le régime méditerranéen et l'alimentation adaptée au diabète, ou encore le Planetary Health Diet (PHD). Les légumineuses sont réputées pour être riches en protéines, en micronutriments et en fibres alimentaires, pour se prêter à de nombreuses préparations et pour se conserver facilement. Dans une alimentation (davantage) axée sur les plantes, elles devraient donc occuper une place plus importante qu'actuellement. En outre, elles apportent des quantités modérées de glucides influençant la glycémie dans les assiettes, si bien qu'elles génèrent un indice glycémique (IG) relativement bas et une charge glycémique (CG) faible (1). Cela peut apporter une aide précieuse à la prévention et au traitement des maladies métaboliques et vasculaires, aujourd'hui largement répandues (2) (3).

Les légumineuses jouissent aussi d'une extrêmement bonne réputation en termes de durabilité et de protection du climat, car leur production génère moins de gaz à effet de serre et nécessite moins de surfaces que la production d'une même quantité de viande (4). Or si l'alimentation doit, par conséquent, être encore plus axée sur les plantes, comme le recommande par exemple le PHD, et que les légumineuses doivent remplacer une grande partie des sources de protéines animales, il faut les combiner intelligemment avec d'autres aliments afin de compléter de manière optimale leurs protéines de plus faible qualité. Une comparaison exclusive des teneurs en acides aminés essentiels ne convient pas pour cela car elle ne tient compte, ni de l'acide aminé limitant, ni de la digestibilité. On lit ainsi souvent que les légumineuses, notamment le soja, sont riches en méthionine (5), bien que cette dernière soit leur acide aminé limitant.

D'après l'échelle d'évaluation de la qualité des protéines (DIAAS*) recommandée par la FAO/OMS en tant que standard de qualité, il ressort clairement que les protéines animales, en particulier les protéines lactiques, sont généralement meilleures que les protéines des légumineuses (une exception: le soja).** Cet aspect est traité de manière plus détaillée dans la première partie du dossier; le tableau suivant présente une vue d'ensemble succincte.

$$\textbf{DIAAS (\%)} = \frac{\text{Acide aminé dans la protéine (mg/g protéine)}}{\text{Besoins en acides aminés (mg/g protéine)}} \times \text{Digestibilité iléale de l'acide aminé}$$

(Valeur de référence FAO/groupe d'âge)

* DIAAS = Digestible Indispensable Amino Acid Score, ce qui signifie à peu près: part d'acides aminés essentiels dans une protéine corrigée selon la digestibilité

** Cela vaut aussi pour le score PDCAAS, qui n'est plus recommandé: là aussi, toutes les légumineuses, à l'exception du soja, présentaient de moins bons résultats que les sources de protéines animales en ce qui concerne la qualité des protéines.

Les données nécessaires à la détermination du DIAAS (digestibilité iléale*** pour chaque acide aminé essentiel de la protéine à évaluer, mesurée sur le porc ou l'être humain) ne sont pas encore disponibles pour tous les aliments et sources de protéines (6). De plus, de nombreuses données se réfèrent à des concentrés protéiques (> 65 % de protéines) ou à des isolats (> 90 % de protéines) et non pas à des aliments entiers tels que ceux utilisés dans les cuisines des particuliers ou des restaurants. Il faut en tenir compte pour d'éventuels calculs. En outre, les valeurs DIAAS ne sont pas homogènes dans la littérature, ce qui n'a rien d'étonnant puisque la composition des aliments fluctue naturellement (7). Les valeurs figurant dans le tableau devraient donc être considérées comme des valeurs moyennes, qui peuvent osciller vers le haut ou vers le bas selon la technique utilisée, par exemple la fabrication de concentrés.

*** = digestibilité à la fin de l'intestin grêle, dans l'iléon

Valeurs DIAAS de divers aliments
Les valeurs indiquées sont uniquement celles pour lesquelles la digestibilité iléale a été déterminée sur des porcs en croissance. La base (100 %) correspond aux valeurs de référence de la FAO pour les enfants dès 3 ans, les adolescents et les adultes.

Aliment	DIAAS (en %)	Premier acide aminé (AA) limitant	Digestibilité iléale de l'AA limitant
Lait en poudre	144	Méthionine*	94
Concentré de protéines lactiques	141	Méthionine*	101
Concentré de protéines lactosériques	133	Histidine*	97
Isolat de protéines lactosériques	125	Histidine*	100
Poudre de lait écrémé	123	Méthionine*	99
Œufs	122	Méthionine*	75
Viande de bœuf hachée, crue	121	Leucine*	99
Filet de porc, cuit	117	Valine*	95
Farine de soja	105	Méthionine*	101
Viande de bœuf hachée, cuite	99	Leucine*	97
Isolat de protéines de soja	98	Méthionine	98
Haricots mungos, cuits	94	Thréonine	77
Pois, cuits	88	Valine	87
Pistaches, crues	86	Lysine	87
Pistaches, grillées	83	Lysine	77
Steak de bœuf, grillé	80	Valine	97
Haricots azuki, cuits	78	Méthionine	87
Haricots rouges, cuits	74	Méthionine	68
Concentré de protéines de pois	73	Méthionine	78
Pois chiches, cuits	71	Valine	83
Blé	43	Lysine	73
Sorgho (millet)	29	Lysine	69
Cornflakes	19	Lysine	78

* Si le DIAAS est supérieur à 100 %, l'acide aminé limitant ne joue plus de rôle pour autant que l'apport en protéines s'élève à au moins 0,66 g/kg de poids corporel. Avec une telle quantité de protéines, l'acide aminé limitant est apporté en suffisance.
Modifié d'après: Adhikari, S et al.: Protein Quality in Perspective: A Review of Protein Quality Metrics and Their Applications. Nutrients 2022;14:947

Le tableau montre une fois encore que la transformation modifie la digestibilité des acides aminés, et dans quelle mesure: ainsi, le DIAAS des pistaches diminue lorsque celles-ci sont grillées. En ce qui concerne la viande, c'est surtout la cuisson au gril qui agit défavorablement sur la digestibilité des protéines. À l'inverse, la digestibilité des protéines de légumineuses augmente sous l'action des procédés de transformation, tels que le trempage, la cuisson ou la fermentation. En outre, les concentrés et les isolats de protéines de légumineuses affichent aussi une meilleure digestibilité des acides aminés car les fibres alimentaires «gênantes» ont été retirées. Par contre, un chauffage excessif peut notamment réduire la biodisponibilité de la lysine (réaction de Maillard). Cela conduit par exemple au DIAAS particulièrement bas des cornflakes qui ne deviennent une source significative de protéines qu'avec l'adjonction de lait (8) (9).

Dans quelle mesure les protéines végétales sont-elles «complètes»?
Les protéines végétales contiennent aussi les neuf acides aminés essentiels pour l'être humain. Ainsi, quand on dit qu'elles ne sont pas «complètes», ou qu'il leur manque l'acide aminé limitant, cela n'est généralement pas correctement formulé. Ce qu'il faut comprendre, c'est que l'acide aminé limitant est présent dans une trop faible proportion par rapport aux autres acides aminés essentiels et qu'il limite, pour cette raison, la synthèse des protéines de l'organisme.

Les protéines végétales contenant généralement de plus faibles quantités d'acides aminés essentiels que les protéines animales et pouvant aussi présenter une digestibilité inférieure, les personnes suivant notamment un régime végétalien doivent veiller à un apport en protéines équilibré et plus élevé pour compenser. Avec une alimentation basée exclusivement sur les plantes, l'apport journalier en protéines par kilo de poids corporel devrait être supérieur d'environ 30 % (10) (11). Le blogueur végétalien Simon Hill parle de «Protein Awareness», c'est-à-dire d'une attention particulière à porter aux protéines, à recommander ici (12).

Consommées dans des quantités usuelles, les protéines avec un DIAAS inférieur à 100 ne peuvent pas couvrir à elles seules les besoins en protéines de l'être humain (principe de l'acide aminé limitant, voir précédemment). Cela est notamment valable pour les groupes vulnérables, tels que les enfants en bas âge, les femmes enceintes ou allaitantes, ou encore les personnes âgées, en convalescence ou avec un apport énergétique marginal (13). Il existe en principe trois stratégies pour «compléter» ces protéines:

- **Manger davantage**
  L'alimentation risque toutefois de devenir trop peu diversifiée (aussi par rapport aux micronutriments) et l'apport énergétique trop élevé (voir graphique ci-après).

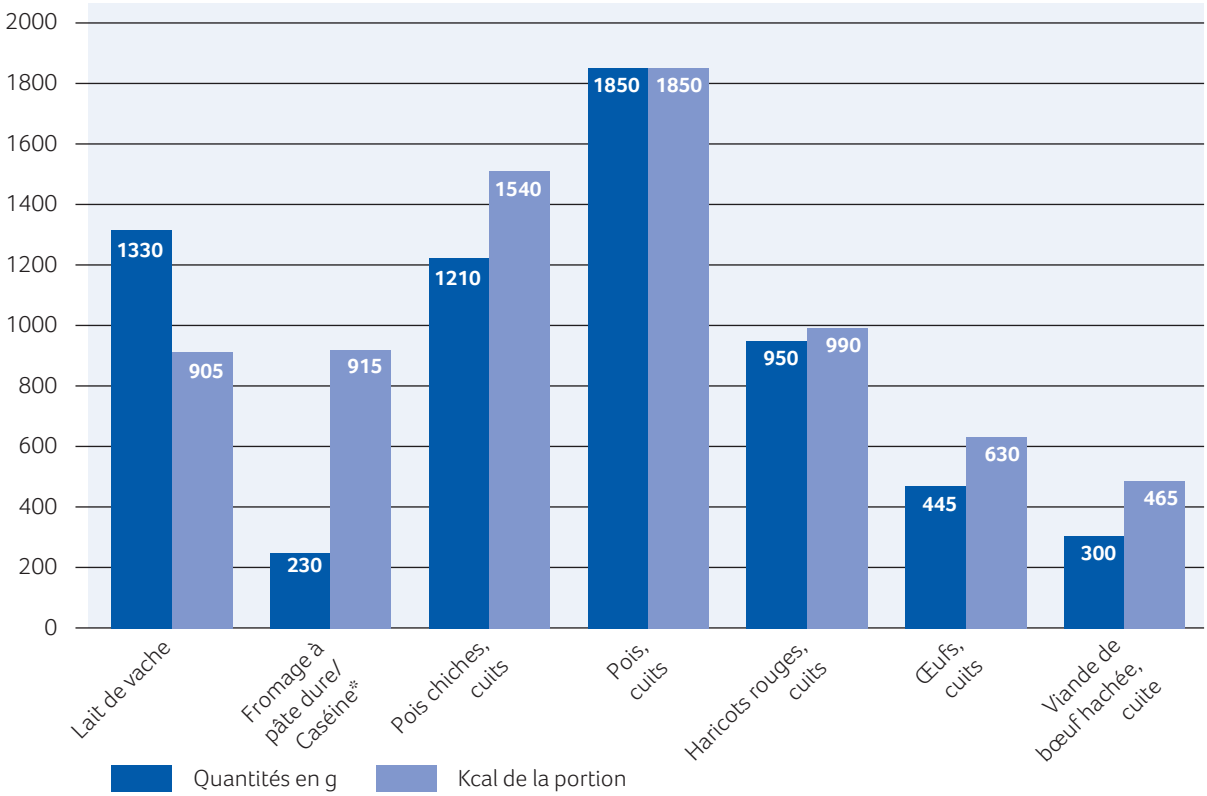
- **Enrichir**
  Cela nécessite soit des efforts au niveau de la sélection, soit l'apport ciblé d'acides aminés. Ces mesures sont toutefois gourmandes en temps et/ou en argent, et leurs impacts nutritionnels à long terme sont inconnus.

- **Combiner avec d'autres sources de protéines**
  C'est la méthode la plus simple, la plus «naturelle» et aussi la plus utilisée depuis des temps immémoriaux, afin d'améliorer la qualité des protéines dans l'alimentation. De nombreux plats traditionnels remplissent ce rôle depuis des générations, par exemple la potée de pois garnie de saucisses, les lentilles avec des spätzli, les plats à base de riz accompagnés de maïs et de haricots, ou encore le houmous avec des galettes de pain.

Quantités d'aliments permettant de couvrir l'apport en protéines
Quantités d'aliments qui seraient nécessaires pour couvrir l'apport en protéines recommandé de la SSN (0,8 g/kg), pour un homme d'un poids de 75 kg (= 60 g de protéines), en tenant compte du DIAAS: teneur en protéines/DIAAS = quantité d'aliments

	Lait de vache	Fromage à pâte dure/ Caséine*	Pois chiches, cuits	Pois, cuits	Haricots rouges, cuits	Œufs, cuits	Viande de bœuf hachée, cuite
Teneur en protéines/100 g	env. 3,9 g	env. 24 g	env. 7 g	env. 5,6 g	env. 8,7 g	env. 12 g	env. 20 g
DIAAS des protéines	1,16	1,09	0,71	0,58	0,74	1,13	0,99
Kcal/100 g	68 kcal	397 kcal	127 kcal	100 kcal	104 kcal	142 kcal	155 kcal
Quantité corr. selon le DIAAS (g)	1330 g au lieu de 1540 g	230 g au lieu de 250 g	1210 g au lieu de 860 g	1850 g au lieu de env. 1070 g	950 g au lieu de env. 700 g	445 g au lieu de env. 500 g	env. 300 g
Kcal de cette quantité	905 kcal	915 kcal	1540 kcal	1850 kcal	990 kcal	630 kcal	465 kcal

* Aucune valeur n'étant disponible pour le fromage, les données sont calculées de manière approximative avec le DIAAS de la caséine (principale protéine des fromages à pâte dure).



* Aucune valeur n'étant disponible pour le fromage, les données sont calculées de manière approximative avec le DIAAS de la caséine (principale protéine des fromages à pâte dure).

Sources: calculé d'après les valeurs DIAAS tirées de Burd, NA et al., 2019 et Adhikari, S et al., Nutrients 2022, valeurs arrondies

COMBINER DES LÉGUMINEUSES: COMMENT?

Plus les sources de protéines sont nombreuses dans un plat, plus il est facile de couvrir les besoins en acides aminés, en particulier lorsque l'apport énergétique est suffisant. Les légumes, salades, fruits et champignons peuvent aussi contribuer à «compléter» la qualité des protéines et fournir suffisamment d'acides aminés essentiels, même dans des combinaisons inhabituelles (14). Étant donné qu'il n'existe pratiquement pas de données DIAAS pour ces aliments et que leur contribution à l'approvisionnement en protéines est généralement faible, ils ne sont pas pris en considération ici.

Les fruits à coque et les graines contiennent par contre des quantités significatives de protéines (environ 7 à 25 %). En outre, les protéines de pomme de terre sont particulièrement riches en acides aminés essentiels. Peut-on aussi les combiner avec des légumineuses? C'est possible, mais il faut considérer les points suivants: si ces aliments doivent compenser la qualité des protéines de légumineuses, il faudrait, dans le cas des pommes de terre, en consommer de très grandes quantités car les pommes de terre ne contiennent que 2 % de protéines. Ou alors, il faudrait utiliser des concentrés de protéines de pomme de terre, ce qui contrevient à l'idée de se nourrir d'aliments de base peu transformés.

En ce qui concerne les fruits à coque et les graines, les quantités habituellement consommées (environ 5 à 30 g/portion) seraient à elles seules trop faibles pour compenser la qualité des protéines. Et augmenter leur consommation pourrait vite déboucher sur un apport énergétique trop élevé. Toutefois, ces aliments conviennent en principe aussi pour aider à compléter les protéines de légumineuses, en particulier sous forme de farines (déshuilées et donc moins riches en énergie), comme la farine de chanvre ou d'amande. Les acides aminés limitants des fruits à coque et des graines sont généralement le tryptophane et la thréonine; dans la farine de chanvre, il s'agit de la lysine (15) (16).

Acides aminés limitants de sources de protéines végétales par rapport aux protéines lactiques
(Attention: la digestibilité des acides aminés n'est pas encore prise en compte ici)

Groupe d'aliment	Acide(s) aminé(s) limitant(s)	Adapté en combinaison avec
Légumineuses	Méthionine, riches en isoleucine et en arginine	Céréales, fruits à coque et graines, produits laitiers
Céréales	Lysine (également pauvres en isoleucine, thréonine, leucine et histidine)	Légumineuses, produits laitiers
Fruits à coque et graines	Tryptophane et thréonine aussi pauvres en isoleucine, noix de macadamia et graines de chanvre pauvres en lysine et en méthionine, riches en arginine	Légumineuses, produits laitiers
Produits laitiers	Méthionine, valine dans les protéines lactosériques	Légumineuses, fruits à coque et graines, céréales

Sources: https://vegane-proteinquellen.de/pflanzliche-proteinkombinationen/#marker-148-20 et Richter, CK et al., Adv Nutr 2015;6:712-728

Come together!

Pour que l'effet de la combinaison soit optimal, il est important que les diverses sources de protéines soient consommées à peu près en même temps car les acides aminés essentiels qui ne sont pas utilisés rapidement à des fins de synthèse ou de réparation sont oxydés. C'est pourquoi les sources de protéines à combiner devraient être consommées idéalement dans le cadre d'un même repas, mais dans tous les cas pas à plus de trois heures d'intervalle (17). Cela signifie aussi que les calculs de DIAAS de mélanges de protéines ne sont pas pertinents pour des jours ou des semaines, mais seulement pour des repas. Autrement dit: un petit-déjeuner à base de céréales, pauvre en lysine, ne peut plus être «complété» par une soupe aux lentilles le soir, mais par contre très bien par du lait ou du fromage au petit-déjeuner ou aux dix-heures.

Dans l'alimentation suisse, les principales sources de protéines sont le lait et les produits laitiers, la viande et les produits carnés, ainsi que les céréales (18). S'il faut intégrer nettement plus de légumineuses dans l'alimentation et si la consommation de viande doit être réduite, les principaux partenaires à combiner restants sont les céréales ainsi que le lait et les produits laitiers, provenant idéalement d'une production locale et durable.

Le grand classique: légumineuses et céréales

De nombreux lecteurs et lectrices savent depuis longtemps que le mélange complémentaire «classique» de protéines végétales pour accroître la qualité des protéines est l'association de céréales et de légumineuses: les légumineuses, pauvres en méthionine mais riches en lysine, complètent les céréales pauvres en lysine et riches en méthionine. Pour que cette combinaison «fonctionne», il faut toutefois absorber suffisamment de protéines et d'énergie. Des rations peu abondantes, encore fréquentes par exemple en Inde, sont souvent insuffisantes du point de vue de l'approvisionnement en protéines car les aliments ne sont pas disponibles en suffisance, ou parce que les besoins sont accrus en raison de maladies infectieuses ou intestinales (19). Des situations similaires sont aussi possibles chez nous, chez des personnes âgées ou avec un faible appétit (20). Les protéines de lupin sont également pauvres en lysine hautement digestible (DIAAS 75) et ne parviennent pas à un DIAAS de 100 en combinaison avec des céréales en étant consommées dans des quantités usuelles (21).

Dans les pays avec des apports suffisants en énergie et en protéines, il faut aussi veiller à quelques points avec les combinaisons de céréales et de légumineuses: chez les jeunes hommes en bonne santé, il s'est par exemple avéré qu'une combinaison de pois chiches et de riz cuit à la vapeur optimise la qualité des protéines dans un rapport 3:1 (22). Toutefois, les quantités de riz et de pois chiches alors nécessaires fourniraient déjà quelque 70 % des calories, si bien qu'il resterait peu de place pour d'autres aliments. Pour les autres espèces de céréales, une sensibilité au gluten peut faire pencher la balance en défaveur de la combinaison de légumineuses et de céréales.

Des chercheurs canadiens se sont aperçus que lorsque l'apport en protéines provenant de plantes dépasse 50 %, des quantités plus importantes de fibres alimentaires, de folates, de fer et de magnésium (attention: biodisponibilité) sont absorbées, mais aussi nettement plus de glucides. Les personnes ayant consommé un pourcentage plus élevé de protéines animales ont globalement absorbé davantage de protéines ainsi que de vitamines B, y compris la vitamine B_{12}, et davantage de zinc, mais par contre moins de glucides, de fibres alimentaires et de magnésium. Les auteurs en ont conclu qu'un apport mixte de protéines, composé de sources végétales et animales, conduisait à une alimentation plus saine qu'un apport unilatéral de protéines (végétales ou animales) (23). Une revue des effets positifs pour la santé d'une consommation accrue de protéines végétales, par exemple sur le risque de diabète de type 2 ou les maladies cardio-vasculaires parvient à la conclusion que ces effets sont davantage liés à l'alimentation dans son ensemble qu'à la source de protéines. De plus, les mêmes avantages peuvent aussi être obtenus avec un régime alimentaire varié (24).

Étant donné que les maladies métaboliques chroniques, qui vont de pair avec une surcharge pondérale et une résistance à l'insuline, sont également fréquentes en Suisse (25) et que l'IG, respectivement la CG de l'alimentation y joue un grand rôle (26), ces deux chiffres-clés sont également importants. Les légumineuses présentent l'avantage que leurs glucides influencent moins la glycémie que ceux des céréales. Comme elles contiennent de plus faibles quantités de glucides, leur CG reste à des niveaux bas (< 10) à moyens (< 19), tandis que les produits céréaliers atteignent dans les deux cas des valeurs élevées (27). Si on combine des céréales et des légumineuses, la CG de la portion augmente ce qui n'est pas favorable pour les personnes souffrant de résistance à l'insuline et de problèmes de santé associés. La densité énergétique de la combinaison augmente également, ce qui peut aussi ne pas être souhaitable.

IG et CG des légumineuses et des céréales ainsi que de diverses combinaisons
Après avoir consommé des aliments riches en glucides, la glycémie augmente plus ou moins fortement en fonction des quantités consommées ainsi que de la teneur en graisses, en protéines et en fibres alimentaires.

IG moyens
(pour 50 g de glucides, les valeurs inférieures à 55 sont considérées comme modérées)

Cornflakes	81 ± 6
Pommes de terre, cuites	78 ± 4
Pain blanc	75 ± 2
Pain complet (fin)	74 ± 2
Riz, cuit	73 ± 4
Riz complet	68 ± 4
Spaghetti	49 ± 2
Pois, cuits	48 ± 5
Lentilles	32 ± 5
Lait entier	31 ± 4
Haricots et fèves, cuits	30 ± 5
Pois chiches	28 ± 9
Haricots rouges	24 ± 4
Fèves de soja, cuites	16 ± 1

Sources: Atkinson, FS et al., Diabetes Care 2008;31:2281-2283 et Breidenassel, C et al., Ernährungs Umschau International 2022;69:56-72

Pour calculer la **charge glycémique (CG)**, on intègre la teneur en glucides assimilables de l'aliment en tenant compte de la taille des portions habituelles. Chez les légumineuses, le pourcentage de glucides assimilables influençant la glycémie oscille entre 11,7 % chez le soja et 18,5 % chez les lentilles (28). En prenant l'exemple des lentilles, la CG est déterminée comme suit (29): l'IG se situe en moyenne à 32 et la taille des portions habituelles s'élève à 150 grammes (cuites). Celles-ci contiennent 14 g de glucides assimilables. Il en résulte une CG basse, d'environ 4,5.*

CG d'un repas composé d'une légumineuse et d'une céréale à l'exemple des lentilles et des pâtes
$CG_{lentilles+pâtes}$ = 45 (IG du mélange lentilles-pâtes) × 62 g (glucides assimilables des lentilles et des céréales par portion)/100 = 27,9

CG d'un repas composé d'une légumineuse et d'une céréale à l'exemple des lentilles et du riz
$CG_{lentilles+riz}$ = 52 (IG du mélange lentilles-riz) × 55 g (glucides assimilables des lentilles et du riz par portion)/100 = $CG_{lentilles+riz}$ = 28,6

La CG des deux combinaisons se situe nettement au-dessus de 20 et est donc considérée comme élevée, respectivement non favorable. Des valeurs similaires sont à attendre pour les pois ou les haricots combinés à des céréales. La situation est tout autre lorsque des légumineuses sont combinées à du lait ou à des produits laitiers car la faible CG des deux types d'aliments entre en jeu.

CG d'un repas composé d'une légumineuse et de lait à l'exemple des lentilles et du lait
$CG_{lentilles+lait}$ = 34 (IG du mélange lentilles-lait) × 26 g (glucides assimilables des lentilles et du lait par portion)/100 = $CG_{lentilles+lait}$ = 8,8

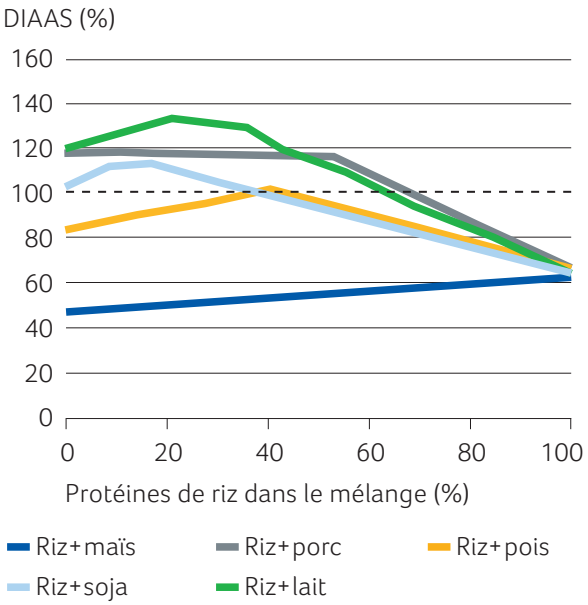
Une combinaison de lentilles et de lait débouche sur une CG basse, inférieure à 10. Une combinaison avec du fromage donnerait un chiffre encore plus bas car le fromage n'apporte aucun glucide.

* $CG_{lentilles}$ = 32 (IG) × 14 g (taille des portions)/100 = 4,48

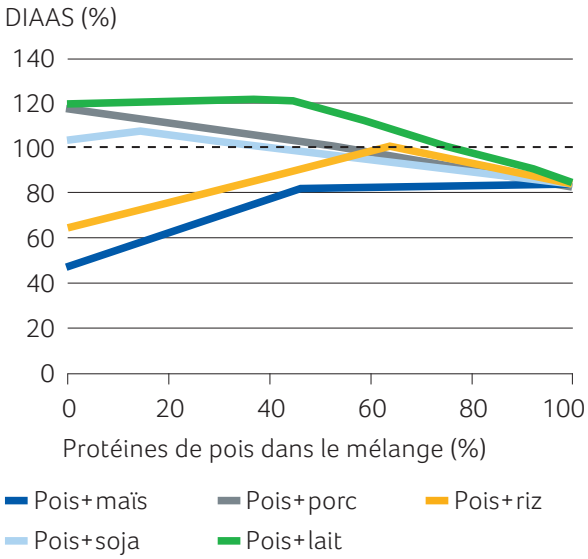
Plus moderne: légumineuses et produits laitiers

Compte tenu des avantages d'un régime alimentaire modéré en glucides pour beaucoup de consommatrices et consommateurs, les produits laitiers, surtout ceux qui sont plus riches en protéines, comme le séré ainsi que le fromage frais ou à pâte molle, mi-dure et dure, sont des partenaires idéaux à combiner avec des légumineuses. Des calculs ont montré que la caséine, une protéine lactique, est en mesure d'amener toutes les protéines végétales courantes à un DIAAS d'au moins 100 (30). Les produits laitiers permettent un approvisionnement en protéines de haute qualité et, si nécessaire, aussi sans gluten.

Il n'existe cependant encore que très peu de calculs de combinaisons optimales de protéines au moyen du DIAAS. Le graphique suivant présente quelques exemples (31). Ceux-ci montrent une fois encore que l'évaluation dépend, tant des pourcentages dans le mélange que des acides aminés limitants. Ainsi, aucun mélange de maïs et de riz ne peut assurer un apport complet de protéines car tous deux manquent de lysine (ou il faudrait en consommer d'énormes quantités).



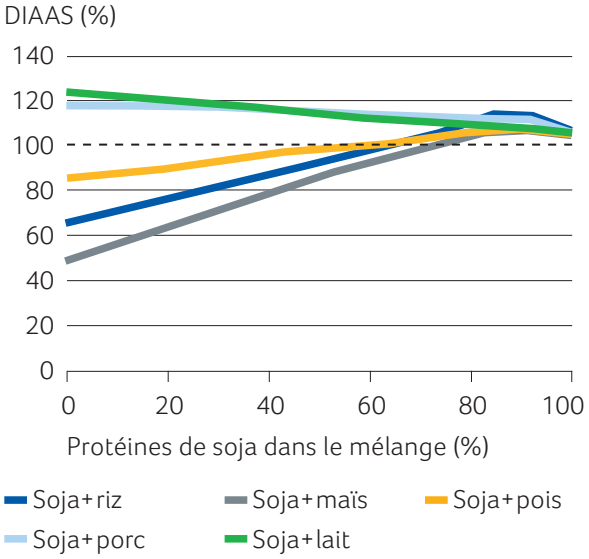
Dans le deuxième exemple, on voit clairement que les pois et le lait se complètent très bien. Même lorsque seuls 20 % des protéines d'un repas proviennent de produits laitiers, le DIAAS de la combinaison atteint une valeur de 100 %. La combinaison des pois et des protéines lactiques atteint sans exception des valeurs DIAAS plus élevées que le mélange de protéines de pois et de viande de porc, ou de protéines de soja.



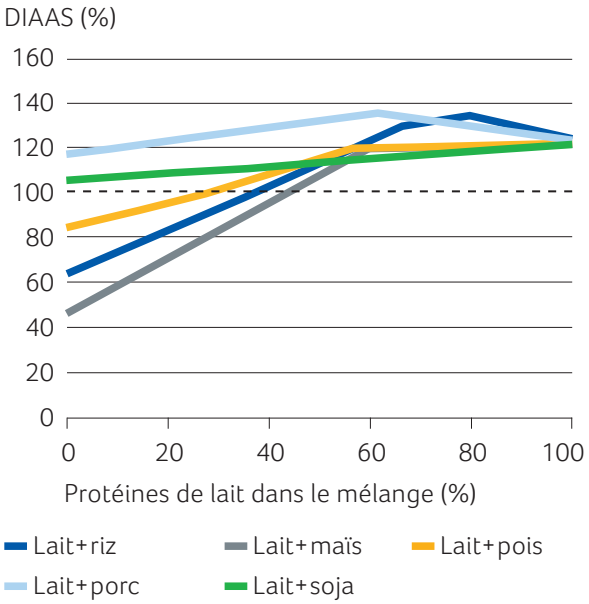
Exemples d'aliments

En partant du principe qu'on devrait idéalement consommer 20 à 30 g de protéines à chaque repas, 20 % de cette quantité correspond à 4 à 6 g de protéines lactiques pour 80 % de protéines de pois, soit 16 à 24 g. Rapporté aux aliments, cela reviendrait à 20 à 30 g de fromage et au moins 150 g de pois cuits, ce qui correspond à une portion ordinaire. Si cela représente trop de pois, on peut simplement augmenter un peu la portion de produit laitier: pour chaque gramme de protéines lactiques, on peut retrancher 4 g de protéines de pois. Un shake composé de 16 à 24 g de protéines de pois et de 125 à 200 ml de lait entier serait aussi envisageable. D'autres suggestions de plats composés de légumineuses et de produits laitiers se trouvent en annexe.

Dans le troisième exemple, on voit que toutes les combinaisons de protéines de soja et de protéines lactiques (ainsi que de protéines de porc) engendrent un DIAAS supérieur à 100 %, et ce bien que l'acide aminé limitant soit dans les deux cas la méthionine (SAA = acide aminé soufré méthionine + cystéine). Toutefois, comme tous deux contiennent relativement beaucoup de méthionine avec une bonne digestibilité, ce mélange fonctionne aussi.



Le quatrième exemple montre que toutes les combinaisons atteignent un DIAAS de 100 % à partir d'une part de 40 % de protéines de lait (à l'exception du soja). Les protéines de pois atteignent déjà un DIAAS de 100 % en combinaison avec un peu plus de 20 % de protéines de lait.



Source: Adhikari, S et al., Nutrients 2022 ;14:947

Ne pas tenir compte que des acides aminés essentiels

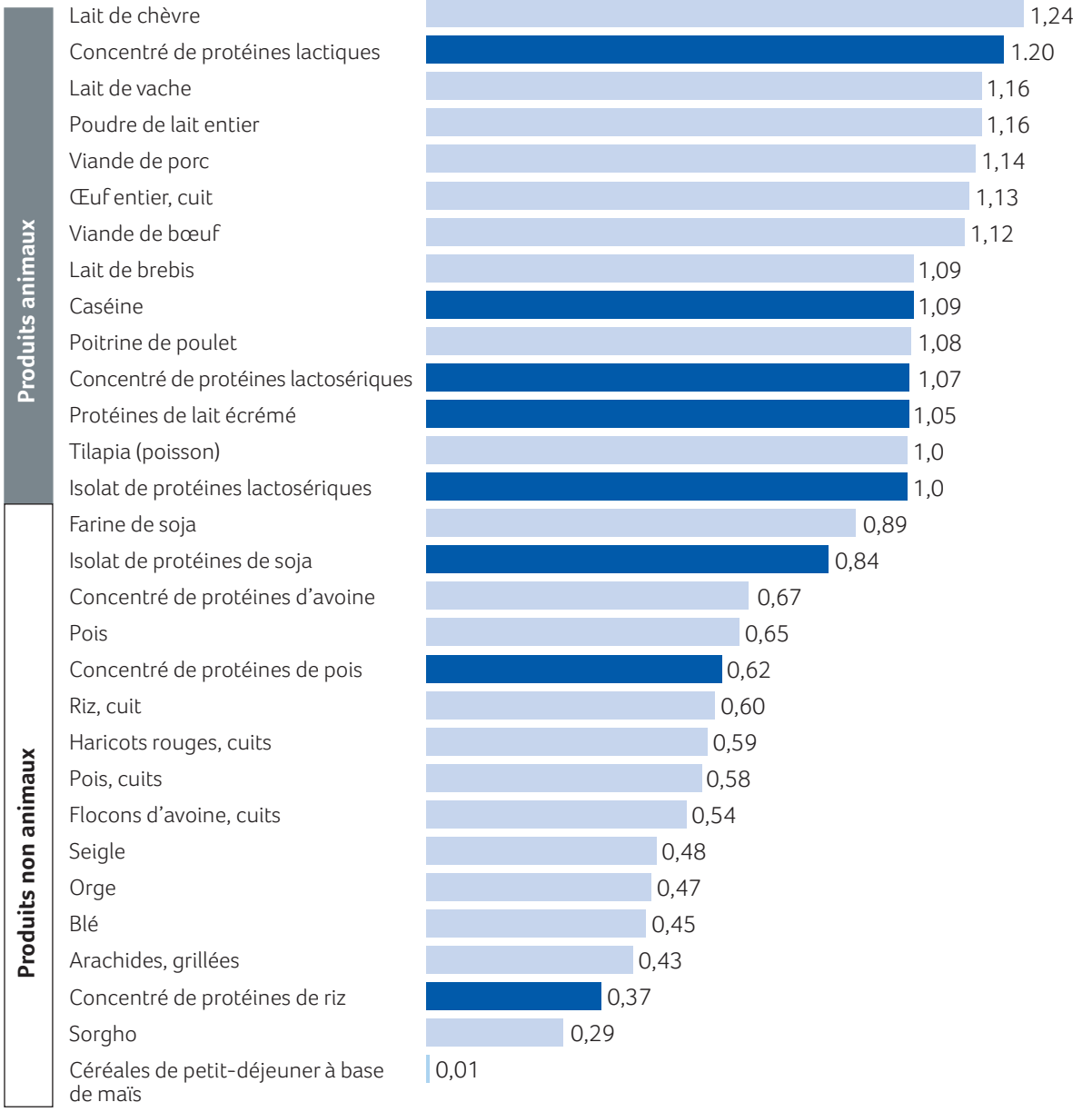
D'autres avantages plaident aussi en faveur d'une combinaison de légumineuses et de produits laitiers: chaque acide aminé exerce des fonctions spécifiques dans le corps, non seulement les acides aminés essentiels, mais aussi les «non essentiels» et les «conditionnellement essentiels». Or il peut arriver, entre autres en cas de maladie, que la synthèse de ces acides aminés par l'organisme ne suffise pas. C'est pourquoi quelques scientifiques plaident pour qu'on ne considère pas uniquement les acides aminés essentiels lors de l'évaluation de la qualité des protéines (32) (33) (34). Par exemple, des quantités différentes d'arginine et de glycine sont nécessaires en fonction de l'âge, de l'activité physique et de l'état de santé. L'arginine est entre autres responsable de la formation de l'oxyde d'azote et donc de la santé des vaisseaux. La glycine est nécessaire à la synthèse du glutathion et de l'hème, à des fonctions détoxifiantes dans le foie et au soutien du système immunitaire ainsi qu'à la synthèse du collagène. Les protéines de légumineuses étant plus riches en arginine et en glycine, elles peuvent très bien compléter les protéines lactiques.

Une première étude d'intervention avec des volontaires en bonne santé a comparé les effets d'une combinaison de protéines lactiques et de protéines de légumineuses avec ceux de ces éléments pris séparément. La consommation d'une boisson contenant 18 g d'un mélange de protéines (35 % de protéines lactosériques, 25 % de caséine, 20 % de protéines de soja et 20 % de protéines de pois) et 360 ml d'eau a entraîné une augmentation plus nette du taux de leucine (synthèse des protéines musculaires!) et de méthionine dans le sang des sujets qu'une boisson à base de protéines de pois et de soja. Par ailleurs, le mélange de protéines a permis une augmentation plus nette du taux d'arginine que les boissons contenant uniquement des protéines lactiques. Le mélange des sources de protéines avait ainsi conduit à un approvisionnement plus équilibré en acides aminés que les aliments protéiques individuels (35).

Aliments au lieu d'isolats

Les composants non protéiques d'un aliment peuvent aussi contribuer à un bon approvisionnement en protéines. Ainsi, on a constaté une meilleure synthèse des protéines musculaires après une activité sportive lorsqu'une même quantité de protéines était consommée sous forme d'aliments plutôt que de concentrés protéiques. Parmi les aliments testés jusqu'à présent, le lait affiche de meilleurs résultats que la viande de bœuf (36). On suppose que les effets liés à la matrice (qui restreignent la biodisponibilité des protéines chez les légumineuses, voir le dossier «Les légumineuses dans une alimentation à base de plantes», partie 1) sont dus à diverses autres substances ainsi qu'à leurs interactions. Ainsi, le cholestérol pourrait favoriser l'activation du régulateur de croissance mTOR, tandis que les vitamines et les minéraux sont nécessaires en tant que cofacteurs pour la synthèse des protéines. Des peptides bioactifs peuvent soutenir les processus au travers de propriétés antioxydantes. Le graphique suivant montre que des aliments «entiers» peuvent aussi atteindre un DIAAS élevé.

Valeurs DIAAS de protéines animales et végétales ainsi que d'isolats/concentrés et de protéines d'aliments entiers en comparaison



Source: Tulipan, J à partir des données de Burd, NA et al., Sports Medicine 2019

SYNOPSIS ET PERSPECTIVES

L'organisme a besoin de protéines et d'acides aminés, non seulement pour le maintien de son bilan azoté, mais aussi pour la constitution de masse maigre, la production de protéines sécrétoires (par exemple des enzymes digestives) et de protéines du système immunitaire, pour la croissance, la régénération, la réparation (cicatrisation) ainsi que des fonctions métaboliques, comme la formation de l'oxyde d'azote (vasodilatateur), de neurotransmetteurs et d'antioxydants tels que le glutathion (37).En outre, ces substances contribuent considérablement au sentiment de satiété et aident ainsi à maintenir un poids corporel sain. Elles influencent les processus de maturation et de vieillissement et peuvent influencer favorablement les troubles liés à l'alimentation (38). C'est pourquoi un apport adapté en protéines est extrêmement important, sachant que tant la quantité que la qualité des protéines alimentaires doivent être adéquates. Ce dernier élément est grandement influencé par la teneur en acides aminés (essentiels) ainsi que leur digestibilité.

Compte tenu des fortes recommandations actuelles en faveur de davantage de protéines végétales, il est souhaitable d'en savoir plus sur les combinaisons les plus favorables et optimales sur le plan nutritionnel, en particulier si cela concerne des enfants, des adolescents, des femmes enceintes ou allaitantes, ou encore des personnes sportives, âgées, avec des besoins accrus en protéines, en convalescence ainsi que végétariennes ou végétaliennes. Les aliments d'origine végétale présentant en règle générale une faible digestibilité, il en faut davantage pour couvrir les besoins. Pour ces raisons, et naturellement aussi parce que les êtres humains consomment généralement des repas variés, il est pertinent de combiner divers aliments protéiques afin qu'ils puissent se compléter au niveau de leur qualité. Parmi les sources de protéines végétales, les légumineuses occupent une place particulière, parce qu'elles contiennent non seulement nettement plus de protéines que par exemple les céréales, mais aussi des protéines de haute valeur. En raison de leur importante diversité, les légumineuses peuvent être utilisées de diverses manières. Outre les préparations classiques, telles que les potées, les soupes et les salades, l'éventail des recettes s'est nettement étendu à la faveur de la réputation toujours meilleure de ce groupe d'aliments.

À cela viennent s'ajouter des farines, des concentrés et des isolats de protéines à base de diverses légumineuses, qui conviennent à la préparation de shakes et d'aliments liquides et qui sont de plus en plus utilisés dans des produits finis (végétariens/végétaliens) et des imitations de viande, de poisson et de fromage. Il s'agit toutefois ici de produits hautement transformés qui ont peu à voir avec une alimentation régionale et durable car leur fabrication est très complexe (39). On connait aussi très peu les effets à long terme d'une consommation élevée et/ou fréquente de tels concentrés et isolats (p. ex.: allergénicité, flore intestinale). Ils sont toutefois actuellement très fortement prônés comme sains et durables par l'industrie agroalimentaire, car ils sont des ingrédients idéaux pour les aliments ultratransformés.

La situation est tout autre avec les aliments originaux à base de légumineuses, en particulier s'ils ont été produits localement. La digestibilité de leurs protéines augmente par le biais des procédés de préparation usuels, tels que le trempage, la cuisson, la germination ou la fermentation. On les combine classiquement avec des produits céréaliers afin d'optimiser la qualité des protéines, les légumineuses valorisant les protéines des céréales plutôt que l'inverse. De telles combinaisons peuvent toutefois se révéler très riches en énergie et en glucides, ce qui n'est pas favorable à de nombreuses personnes.

Les produits laitiers (surtout le séré et le fromage) se présentent alors comme partenaires à combiner aux légumineuses afin d'intégrer davantage ces dernières dans l'alimentation. Les protéines de lait et de légumineuses se complètent très bien, et ce pas uniquement du point de vue de la qualité des protéines. Par rapport aux céréales, les produits laitiers permettent de maintenir la CG et la densité

énergétique des repas dans des proportions raisonnables. C'est particulièrement avantageux pour les personnes souffrant d'insulinorésistance et/ou des maladies de civilisation qui y sont liées ainsi que de surpoids (40). En outre, les produits laitiers fournissent des micronutriments facilement digestibles, qui soit manquent aux légumineuses (vitamine B_{12}), ou dont la biodisponibilité est moins bonne en raison de la matrice (calcium), ou encore qui sont réduits suites aux longues durées de cuisson (vitamines B). D'autre part, les légumineuses complètent très bien les produits laitiers avec des acides aminés «non essentiels», tels que l'arginine et la glycine (41).

Qu'en est-il de la durabilité? Les scientifiques alertent de plus en plus sur le fait de ne tenir compte que de l'empreinte écologique dans les recommandations en faveur d'une alimentation plus durable (42). La plupart des aliments d'origine végétale sont certes avantageux s'ils ne sont pas hautement transformés. Toutefois, sans le soutien de spécialistes, la mise en œuvre d'un régime purement végétal est liée à des risques alimentaires pour beaucoup de consommatrices et consommateurs. Des formes d'alimentation mixtes, basées sur des plantes et culturellement éprouvées, comme le régime méditerranéen ou le nouveau régime nordique (New Nordic Diet), sont plus sûres, plus acceptables, plus faciles à appliquer et nettement plus durables que le régime alimentaire moyen actuel (43).

De nombreux éléments plaident ainsi en faveur d'une alimentation à base de plantes intégrant (davantage) de légumineuses et de produits laitiers. De plus, plus la source de protéines est de qualité élevée, plus les combinaisons d'aliments se complètent bien, moins il faut produire de sources de protéines afin de couvrir les besoins. C'est aussi une forme de durabilité, car toute la nourriture qu'il ne faut pas produire contribue à diminuer l'empreinte écologique. Ainsi, la quantité de riz (449 grammes) et de pois (1283 grammes) qui serait nécessaire à la couverture des apports recommandés de tous les acides aminés essentiels d'un adulte génèrent moins de gaz à effet de serre que les 171 grammes de viande de bœuf qui rempliraient le même but, mais l'utilisation des terres par les plantes est nettement plus élevée (44). De plus, des calculs liés à l'application du Planetary Health Diet (PHD) ont fourni les résultats suivants par rapport à la consommation supplémentaire de légumineuses et de fruits à coque: les quantités nécessaires exigeraient une consommation supplémentaire (!) de terrains de plus de 220 millions d'hectares, ce qui correspond à la surface agricole utile de l'Amérique centrale et du Nord (45). De plus, une alimentation purement végétale (végétalienne) implique une consommation d'eau douce nettement plus élevée qu'un régime mixte à base de plantes (46).

Avec une tranche de fromage suisse, un burger végétalien peut devenir une source optimisée de protéines (47). Et s'il provient d'un «véritable» aliment et de production locale, il est alors aussi plus durable.

ANNEXE

Calcul du DIAAS en ligne

Il est possible de calculer en ligne le DIAAS d'aliments individuels (https://www.biologische-wertigkeit.de/diaas.php) ainsi que de plats mélangés (https://www.biologische-wertigkeit.de/diaas-mischkost-berechnen.php) (en allemand). Les quantités d'acides aminés dans les protéines ainsi que les données sur leur digestibilité iléale sont toutefois nécessaires.

Idées de combinaisons de légumineuses et de produits laitiers dans un repas

- Dal à base de pois jaunes avec du yogourt ou de la crème acidulée
- Dal à base de lentilles rouges avec des légumes et du yogourt ou de la crème acidulée
- Houmous avec du lait (à la place du liquide de cuisson des pois chiches qui peut encore contenir des facteurs antinutritionnels) ou avec des bâtonnets de fromage à tremper
- Dips à base de haricots en purée et de produits laitiers
- Pâte à tartiner aux lentilles et au curry avec du fromage de brebis
- Soupe de lentilles rouges avec de la crème acidulée
- Soupe de lentilles avec de la crème
- Salade de betteraves rouges avec du fromage de chèvre
- Salade de fraises et de lentilles avec des edamame et de la mini mozzarella
- Salade étagée avec des pois chiches et une sauce à salade au séré
- Salade aux pois chiches et aux épinards avec du séré
- Purée de céleri (avec du beurre et de la crème acidulée) accompagnée de légumes aux lentilles, champignons et noix
- Betteraves rouges farcies avec des lentilles et du fromage de brebis
- Betteraves rouges farcies avec des lentilles et accompagnées d'une sauce aux pommes et à la crème
- Pâtes aux pois chiches ou aux lentilles avec une sauce au fromage/fromage et crème
- Salade de pâtes aux pois chiches ou aux lentilles avec des légumes et des dés de fromage
- Curry de lentilles et de légumes avec du lait

Ou: un plat avec des légumineuses accompagné d'un dessert à base de produits laitiers (p. ex. du séré), ou un peu de fromage et des fruits.
Et: ajouter une tranche de fromage sur un burger végétal ;-)
Ou encore: cuisiner avec des farines de légumineuses; elles peuvent remplacer les céréales, ne contiennent pas de gluten, diminuent l'IG et la CG, se combinent avec des produits laitiers, p. ex. un gâteau au fromage.

De super idées, des recettes et des informations se trouvent aussi sur
www.swissmilk.ch/fr/recettes-idees/

BIBLIOGRAPHIE ET RÉPERTOIRE DES SOURCES

(1) Erbersdobler, HF et al.: Körnerleguminosen in der Humanernährung. Nährstoffgehalt und Proteinqualität von Hülsenfrüchten. Ernährungs Umschau international 2017;9 2017:134-138

(2) Pfeuffer, M et al.: Hülsenfrüchte in der Humanernährung. Gesundheitliche Aspekte – Teil 1. Ernährungs Umschau 2020;9:M516-M521

(3) Lechner, K et al.: Ernährungsempfehlungen beim metabolisch-vaskulären Syndrom. Aktuel Ernahrungsmed 2018; 43: 113-127

(4) Tessari, P et al.: Essential amino acids: master regulators of nutrition and environmental footprint? Scientific Reports 2016;6:26074

(5) p. ex.: https://utopia.de/ratgeber/aminosaeuren-in-lebensmitteln-das-sind-die-wichtigsten/

(6) Bandyopadhyay, S et al.: Evaluation of Protein Quality in Humans and Insights on Stable Isotope Approaches to Measure Digestibility – A Review. Advances in Nutrition 2022;13:1131-1143

(7) Adhikari, S et al.: Protein Quality in Perspective: A Review of Protein Quality Metrics and Their Applications. Nutrients 2022;14:947

(8) Adhikari, S et al.: Protein Quality in Perspective: A Review of Protein Quality Metrics and Their Applications. Nutrients 2022;14:947

(9) Fanelli, NS et al.: Values for Digestible Indispensable Amino Acid Score (DIAAS) Determined in Pigs Are Greater for Milk Than for Breakfast Cereals, but DIAAS Values for Individual Ingredients Are Additive in Combined Meals. Journal of Nutrition 2021;151:540-547

(10) Kashyap, S et al.: True ileal digestibility of legumes determined by dual-isotope tracer method in Indian adults. Am J Clin Nutr 2019;110:873-882

(11) Devi, S et al.: Measurement of protein digestibility in humans by a dual-tracer method. American Journal of Clinical Nutrition 2018;107:984-991

(12) Simon Hill im Diet Doctor Podcast mit Dr. Bret Scher (April 2022) https://www.dietdoctor.com/video/podcast/diet-doctor-podcast-96-protein-quality

(13) p. ex. Domić, J et al.: Perspective: Vegan diets for older adults? A perspective on the potential impact on muscle mass and strength. Adv Nutr 2022;13:712-725

(14) Woolf, PJ et al.: vProtein: Identifying Optimal Amino Acid Complements from Plant-Based Foods. PLoS One 2011;6:e18836

(15) Richter, CK et al.: Plant protein and animal proteins: do they differentially affect cardiovascular disease risk? Adv Nutr 2015;6:712-728

(16) Déjà mentionné dans la première partie, le Planetary Health Diet (PHD) considère les légumineuses, les noisettes, les noix, les graines et le soja comme des aliments interchangeables du point de vue nutritionnel et comme adéquats pour remplacer (partiellement) les aliments protéiques d'origine animale, bien qu'ils se différencient par certains aspects fondamentaux. Le fait que les produits ne sont pas équivalents du point de vue de la qualité des protéines est démontré par exemple par une étude randomisée en cross-over avec divers repas comprenant des burgers (viande de bœuf et d'agneau vs «Beyond Burger» végétal): après avoir consommé le burger à base de plantes, la concentration plasmatique de tous les acides aminés essentiels, à chaîne ramifiée et non protéinogènes, était significativement inférieure à celle mesurée après avoir consommé des burgers à base de viande (Pham, T et al.: Plasma Amino Acid Appearance and Status of Appetite Following a Single Meal of Red Meat or a Plant-Based Meat Analog: A Randomized Crossover Clinical Trial. Curr Dev Nutr 2022;6:nzac082)

(17) Adhikari, S et al.: Protein Quality in Perspective: A Review of Protein Quality Metrics and Their Applications. Nutrients 2022;14:947

(18) Keller, U et al.: Sixième rapport sur la nutrition. Office fédéral de la santé publique, Berne 2012

(19) Shivakumar, N et al.: Protein-quality evaluation of complementary foods in Indian children. Am J Clin Nutr 2019;109:1319-1327

(20) Domić, J et al.: Perspective: Vegan Diets for Older Adults? A Perspective On the Potential Impact On Muscle Mass and Strength. Adv Nutr 2022;13:712-725

(21) Herreman, L et al.: Comprehensive overview of the quality of plant- and animal-sourced proteins based on the digestible indispensable amino acid score. Food Science & Nutrition 2020;8:5379-5391

(22) Rafii, M et al.: Bioavailable Methionine Assessed Using the Indicator Amino Acid Oxidation Method Is GreaterWhen Cooked Chickpeas and Steamed Rice Are Combined in Healthy Young Men. J Nutr 2020; 150:1834-1844

(23) Fabek, H et al.: An examination of contributions of animal- and plant-based dietary patterns on the nutrient quality od diets of adult Canadians. Appl Physiol Nutr Metab 2021;46:877-886

(24) Hertzler, SR et al.: Plant Proteins: Assessing Their Nutritional Quality and Effects on Health and Physical Function. Nutrients 2020;12:3704

(25) https://www.bfs.admin.ch/bfs/fr/home/statistiques/sante/etat-sante/maladies/diabete.html

(26) Ströhle, A, Worm, N: Metabolisches Syndrom. Pathophysiologische Grundlagen und rationale Empfehlungen zur Ernährungstherapie. Dt. Apothekerzeitung 2012:152:50-66

(27) Atkinson, FS et al.: International tables of glycemic index and glycemic load values: 2008 Diabetes Care 2008;31:2281-2283

(28) Office fédéral de la sécurité alimentaire et des affaires vétérinaires (OSAV): La base de données suisse des valeurs nutritives. https://naehrwertdaten.ch/fr/

(29) Bührer-Astfalk, E, Bührer Humanernährung, Kleinandelfingen 2021 (non publié)

(30) Herreman, L et al.: Comprehensive overview of the quality of plant- and animal-sourced proteins based on the digestible indispensable amino acid score. Food Science & Nutrition 2020;8:5379-5391

(31) Adhikari, S et al.: Protein Quality in Perspective: A Review of Protein Quality Metrics and Their Applications. Nutrients 2022;14:947

(32) Wu, G: Dietary protein intake and human health. Food & Function 2016;7:1251-1265

(33) Liu, J et al.: Amino acid availability of a dairy and vegetable protein blend compared to single casein, whey, soy, and pea proteins: A double blind, cross-over trial. Nutrients 2019;11:2613

(34) Hertzler, SR et al.: Plant Proteins: Assessing Their Nutritional Quality and Effects on Health and Physical Function. Nutrients 2020;12:3704

(35) Liu, J et al.: Amino acid availability of a dairy and vegetable protein blend compared to single casein, whey, soy, and pea proteins: A double blind, cross-over trial. Nutrients 2019;11:2613

(36) Burd, NA et al.: Food-first approach to enhance the regulation of post-exercise skeletal muscle protein synthesis and remodeling. Sports Medicine 2019;49:S59-S68

(37) Wu, G: Dietary protein intake and human health. Food & Function 2016;7:1251-1265

(38) FAO Protein Quality subcommittee 2012: https://www.fao.org/ag/humannutrition/35978-02317b979a686a57aa4593304ffc17f06.pdf

(39) Fernando, F: Pulse protein ingredient modification. J Sci Food Agric 2021, https://doi.org/10.1002/jsfa.11548

(40) Lechner, K et al.: Ernährungsempfehlungen beim metabolisch-vaskulären Syndrom. Aktuel Ernahrungsmed 2018; 43: 113-127

(41) Liu, J et al.: Amino acid availability of a dairy and vegetable protein blend compared to single casein, whey, soy, and pea proteins: A double blind, cross-over trial. Nutrients 2019;11:2613

(42) Leroy, F et al.: Animal board invited review: Animal source foods in healthy, sustainable, and ethical diets – An argument against drastic limitation of livestock in the food system. Animal 2022;16:100457

(43) Moreno, LA et al.: Perspective: Striking a balance between planetary and human health – Is there a path forward? Adv Nutr 2022;13:355-375

(44) Tessari, P et al.: Essential amino acids: master regulators of nutrition and environmental footprint? Scientific Reports 2016;6:26074

(45) Rubach, M unter https://twitter.com/M_R_Expert/status/1589518774587207680?s=20&t=tAa6qfaE_WQdAqHjnmcZIw

(46) Rubach, M unter https://www.linkedin.com/posts/malte-rubach-4b8a869a_fakten-activity-6957582623032360960-BmgH/?utm_source=linkedin_share&utm_medium=ios_app

(47) Le DIAAS des burgers végétaux s'est révélé inférieur à celui des burgers à la viande: Fanelli, NS et al.: Digestible indispensable amino acid score (DIAAS) is greater in animal-based burgers than in plant-based burgers if determined in pigs. European Journal of Nutrition 2021, doi: 10.1007/s00394-021-02658-1

Producteurs Suisses de Lait PSL
swissmilk
Santé & saveur

Weststrasse 10
CH-3000 Berne 6

+41 31 359 57 28
marketing@swissmilk.ch
www.swissmilk.ch

© swissmilk 2023

Suisse. Naturellement.