



Le gingembre : propriétés, intégration clinique et rôle dans les principales voies métaboliques

Dr. A. Colonnese¹, R. Panzironi²

¹ Nutrition Biologist, Latina, Italy

² Independent Researcher, Latina, Italy

1. ABSTRACT

Le gingembre est l'une des épices les plus étudiées en matière de nutrition fonctionnelle, c'est-à-dire l'utilisation d'aliments capables d'apporter un avantage biologique au-delà de la nutrition, du métabolisme et du soutien au bien-être général. Sa réputation ne dépend pas seulement de son utilisation traditionnelle en cuisine ou dans les boissons chaudes, mais aussi de l'intérêt scientifique pour ses composés bioactifs, c'est-à-dire des molécules ayant une activité biologique, en particulier les gingérols et les shogaols, qui contribuent au profil piquant de la racine et qui ont été observés dans divers contextes expérimentaux et cliniques. Ces dernières années, l'attention s'est principalement portée sur le rôle possible du gingembre dans la régulation de la glycémie, c'est-à-dire la concentration de glucose dans le sang, dans la sensibilité à l'insuline, dans les processus inflammatoires et dans certains nœuds du métabolisme énergétique. C'est pourquoi, ceux qui recherchent des informations sur le sujet ne veulent pas seulement savoir si le gingembre est « utile », mais aussi comment il agit, dans quelles conditions il a été étudié et avec quelles limites les résultats doivent être interprétés. Dans le domaine de la vulgarisation, il est important de distinguer entre le rationnel biologique, les preuves chez l'homme et les applications pratiques, en évitant à la fois les enthousiasmes excessifs et les simplifications trompeuses. L'article qui suit met de l'ordre dans ces aspects : il part des données cliniques, passe aux mécanismes intracellulaires, aborde la relation avec l'AMPK, une kinase impliquée dans le contrôle de l'énergie cellulaire, et mTOR, un complexe protéique qui régule la croissance et la signalisation métabolique, approfondit l'insulinorésistance, c'est-à-dire la réponse réduite des tissus à l'insuline, et la glycémie, et se termine par des indications sur l'utilisation quotidienne, la sécurité et la qualité des preuves. En résumé, voici les points clés que nous approfondirons :

- Effets du gingembre sur la glycémie et la sensibilité à l'insuline
- Rôle des gingérols et des shogaols dans les mécanismes cellulaires
- Relation entre le gingembre, l'AMPK et la régulation de mTOR
- Applications pratiques, doses indicatives et formes d'utilisation
- Sécurité, limites des preuves et populations à risque

VIDEO ARTICLE



ARTICLE INFORMATION

Received: September 12, 2026

Revised: September 12, 2026

Accepted: September 12, 2026

Published: September 2026

DOI 10.5281/zenodo.placeholder

MISSION

LIFE Science Hub – Journal of Science est né avec l'objectif de rendre le savoir scientifique accessible sans renoncer à la rigueur méthodologique, à la qualité des sources et à l'autorité des contenus. La revue promeut la diffusion des connaissances dans les sciences de la santé, de la nutrition, de la médecine et de la longévité, en créant un pont entre le monde de la recherche et la société.

À travers des articles, des revues, des analyses approfondies et des contributions d'experts, le Journal valorise la médecine et la science fondées sur les preuves, en favorisant une interprétation correcte des données scientifiques et en luttant contre la désinformation. Chaque contenu est élaboré avec l'objectif de traduire la complexité de la recherche en informations compréhensibles, utiles et applicables, tout en préservant intacts les principes d'exactitude, de transparence et d'indépendance scientifique.

Libre de tout conditionnement politique, industriel et commercial, la revue se propose comme un espace éditorial faisant autorité et indépendant, dédié à la promotion de la culture scientifique, de la formation professionnelle continue et du développement de la conscience sanitaire au sein de la population.



2. LE GINGEMBRE ET LA SUPPLÉMENTATION CHEZ L'HOMME

Chez les patients atteints de diabète sucré de type 2, c'est-à-dire une forme de diabète caractérisée par une résistance à l'insuline et une réduction progressive de l'efficacité de l'insuline, la littérature clinique signale un intérêt concret, mais encore prudent, pour la supplémentation en gingembre. Plusieurs études randomisées contrôlées ont en effet évalué non seulement la glycémie, c'est-à-dire la concentration de glucose dans le sang, mais aussi la qualité du contrôle métabolique dans son ensemble. Dans une étude randomisée, en double aveugle et contrôlée par placebo, 41 participants atteints de diabète de type 2 ont reçu 3 g par jour de gingembre en capsules pendant 3 mois ; dans le groupe traité, la glycémie sérique a diminué de $19,41 \pm 18,83$ mg/dL contre une augmentation de $1,63 \pm 4,28$ mg/dL dans le groupe placebo, tandis que l'HbA_{1c}, c'est-à-dire l'hémoglobine glyquée qui reflète la tendance moyenne de la glycémie au cours des semaines précédentes, a diminué de $0,77 \pm 0,88$ % par rapport à $0,02 \pm 0,16$ % dans le groupe témoin, avec des différences significatives également pour l'insuline et l'HOMA-IR, un indice de résistance à l'insuline [1]. Ces résultats sont cliniquement pertinents car ils suggèrent une action à plusieurs niveaux de la dysfonction diabétique : réduction de l'hyperglycémie, charge insulinaire moindre et atténuation possible de la résistance périphérique à l'insuline. Un deuxième essai a confirmé un profil similaire avec 3 g par jour pendant 3 mois chez des adultes atteints de DT2, observant des améliorations de la glycémie, de l'HbA_{1c}, de l'insuline, de la résistance à l'insuline, de la hs-CRP, c'est-à-dire la protéine C-réactive à haute sensibilité, de la PON-1, une enzyme ayant un rôle antioxydant, du TAC, la capacité antioxydante totale, et du MDA, un marqueur de peroxydation lipidique [2]. Cette donnée est importante car elle relie le contrôle glycémique à des processus biologiques plus larges, tels que l'inflammation systémique, la défense antioxydante et la peroxydation lipidique. En d'autres termes, le gingembre semble agir sur le terrain physiopathologique qui soutient le diabète, et pas seulement sur le chiffre lu au moment du prélèvement. Cette interprétation est cohérente avec le tableau émergent des méta-analyses. Une synthèse de

16 études randomisées et 1010 participants a trouvé une réduction de la CRP, de la hs-CRP et du TNF- α , c'est-à-dire le facteur de nécrose tumorale alpha, sans toutefois d'effet significatif sur l'IL-6 et la sICAM [3]. Le signal anti-inflammatoire est donc présent mais non uniforme, et doit être lu à la lumière de l'hétérogénéité des études. Une revue systématique et dose-réponse plus récente a également confirmé l'intérêt pour les résultats anti-inflammatoires, bien que dans un cadre globalement variable [4]. Ce point mérite attention, car l'inflammation de bas grade contribue à la progression de la résistance à l'insuline et à la dysfonction endothéliale, c'est-à-dire à l'altération de la fonction interne des vaisseaux sanguins. Réduire ces médiateurs peut avoir une valeur clinique, surtout chez les sujets présentant des altérations métaboliques déjà manifestes. Il reste cependant essentiel de distinguer entre plausibilité biologique et application thérapeutique : la supplémentation peut accompagner la gestion standard, mais ne la remplace pas. Dans le trouble métabolique plus large, le gingembre a également été étudié chez les sujets atteints du syndrome métabolique et d'obésité, deux conditions dans lesquelles les mécanismes pathogéniques se chevauchent de manière évidente. Le syndrome métabolique, en effet, regroupe des altérations telles que l'obésité abdominale, la dyslipidémie, l'hyperglycémie et l'hypertension artérielle. Dans une étude randomisée, en double aveugle, 60 personnes atteintes du syndrome métabolique ont reçu 3 g par jour de gingembre ou un placebo pendant 8 semaines, avec des améliorations du poids corporel, de l'indice de masse corporelle, de la glycémie à jeun et de certains marqueurs cardiométaboliques [5]. Un autre essai sur des patients obèses atteints de DT2 nouvellement diagnostiqué a montré que la supplémentation en poudre de gingembre améliorait le profil glycémique et lipidique, avec un intérêt particulier pour le LDL, le HDL et les triglycérides [6]. Ces résultats sont cohérents avec une action pléiotropique, c'est-à-dire capable d'agir sur plusieurs cibles, des composés phénoliques du gingembre, qui peuvent influencer le métabolisme glucidique, l'homéostasie lipidique et le stress oxydatif. Dans une méta-analyse sur des sujets en surpoids ou obèses, les effets sur le poids et les profils métaboliques se sont avérés modestes mais globalement cohérents [7]. Le message clinique est donc clair : le bénéfice n'apparaît



pas universel, mais émerge surtout dans les contextes où le métabolisme est déjà compromis. Cela rend le gingembre plus crédible comme soutien nutritionnel ciblé que comme agent amincissant ou hypoglycémiant autonome. Un autre élément d'intérêt concerne la gestion de la glycémie post-prandiale, c'est-à-dire l'augmentation du glucose après le repas, souvent sous-estimée dans les évaluations de routine. Chez des adultes non diabétiques, une étude randomisée a évalué 100 mL d'extrait aqueux de gingembre contenant 0,2 g/100 mL chez 24 participants, observant une réduction significative de l'aire incrémentale sous la courbe pour le glucose et de la concentration maximale de glucose après le repas [8]. Ce résultat suggère un effet possible sur la vitesse d'absorption ou sur l'efficacité de la réponse métabolique aux glucides. Du point de vue physiopathologique, limiter les pics post-prandiaux signifie réduire la charge oxydative et les dommages glycatifs, c'est-à-dire les altérations provoquées par l'exposition prolongée à des niveaux élevés de glucose, qui favorisent à terme les complications vasculaires et métaboliques. Pour cette raison, le gingembre peut être considéré comme intéressant également en prévention primaire, à condition que l'interprétation reste prudente et ancrée dans la qualité des preuves. Dans l'ensemble, la supplémentation chez l'homme apparaît plus convaincante dans les tableaux cardiométaboliques, où l'hyperglycémie, la résistance à l'insuline et l'inflammation de bas grade créent un terrain biologique favorable à l'action des composés bioactifs [1][2][5][6][3][8]. La signification clinique de ces résultats ne doit cependant pas être lue en termes absolus. Les différences entre les études dépendent de la durée, de la formulation, de la taille de l'échantillon et de l'état métabolique de départ ; c'est pourquoi le gingembre est mieux interprété comme un adjuvant nutritionnel. Son utilité augmente lorsqu'il est inséré dans un contexte structuré de régime alimentaire, d'activité physique et de gestion du risque cardiométabolique. En ce sens, la justification clinique ne consiste pas à promettre un effet miraculeux, mais à reconnaître une contribution potentielle sur des paramètres qui s'aggravent souvent en parallèle. D'où le passage vers les conditions pathologiques où la justification biologique est plus large et les mécanismes inflammatoires sont particulièrement pertinents [4][9]. Les points clés qui ressortent des

études incluent :

- réduction de la glycémie à jeun dans certains essais cliniques ;
- amélioration de l'HbA1c et de la sensibilité à l'insuline ;
- effets favorables sur le profil lipidique dans des sous-groupes sélectionnés ;
- plus grande utilité chez les sujets présentant des altérations métaboliques marquées ;
- contribution possible au contrôle post-prandial du glucose [1][2][5][6][3][8].

Dans les points qui suivent, nous verrons comment ces signes cliniques s'expriment dans les différents contextes métaboliques étudiés. D'abord dans le diabète de type 2, puis dans le syndrome métabolique, jusqu'aux effets sur la glycémie post-prandiale.

2.1 Le gingembre dans le diabète de type 2 : effets sur la glycémie et l'HbA1c

Dans le diabète sucré de type 2, le gingembre a été étudié comme un soutien nutritionnel capable d'agir sur plusieurs paramètres métaboliques. Dans un essai randomisé, en double aveugle et contrôlé par placebo, 41 patients ont pris 3 g de gingembre par jour en capsules pendant 3 mois ; la glycémie sérique a été réduite de $19,41 \pm 18,83$ mg/dL, l'HbA1c de $0,77 \pm 0,88$ % et des améliorations ont également été observées pour l'insuline et l'HOMA-IR par rapport au placebo [1]. Une autre étude avec la même dose et la même durée a confirmé la tendance favorable sur la glycémie, l'HbA1c, l'insuline et les marqueurs oxydatifs [2]. Le point pertinent n'est pas d'attribuer au gingembre un rôle pharmacologique, mais de comprendre s'il peut contribuer à améliorer l'équilibre glycémique dans le cadre d'une stratégie plus large. Dans cette perspective, son intérêt découle de la possible interaction avec l'insulinorésistance, le stress oxydatif et l'inflammation de bas grade. Les données sur la hs-CRP, la PON-1, le TAC et le MDA renforcent en effet l'hypothèse d'un effet global sur le microenvironnement métabolique [2]. La lecture correcte des résultats exige cependant de la prudence : les bénéfices observés ne sont pas homogènes entre les études et ne permettent pas de conclusions définitives sur le remplacement des thérapies standard. Cela reste néanmoins un domaine à fort potentiel pour ceux qui recherchent des informations sur les compléments



alimentaires dans le contrôle glycémique, surtout lorsque le patient présente une altération initiale mais déjà mesurable du métabolisme glucidique.

2.2 Le gingembre et le syndrome métabolique : pourquoi le cardiométabolisme est-il concerné ?

Le syndrome métabolique représente l'un des contextes où le gingembre est le plus intéressant du point de vue nutritionnel. Cette condition regroupe des altérations souvent coexistantes, telles que l'obésité abdominale, la dyslipidémie, l'hyperglycémie et l'hypertension artérielle. Dans une étude randomisée, en double aveugle et contrôlée par placebo, 60 sujets atteints du syndrome métabolique ont consommé 3 g de gingembre par jour pendant 8 semaines, avec des améliorations sur le poids, l'indice de masse corporelle, la glycémie à jeun et certains marqueurs métaboliques [5]. Un essai chez des patients obèses atteints de DT2 nouvellement diagnostiqué a montré des bénéfices sur le profil glycémique et lipidique avec du gingembre en poudre [6]. La valeur de l'observation réside dans la nature multifactorielle de l'effet, cohérente avec un aliment ou un extrait qui n'agit pas sur une seule cible. Sur le plan physiopathologique, la combinaison d'hyperglycémie, d'inflammation de bas grade et de dyslipidémie crée en effet un cercle vicieux qui favorise les lésions vasculaires et la progression cardiométabolique. Cependant, l'amélioration des marqueurs ne doit pas être interprétée comme une preuve d'efficacité universelle. La réduction de poids et la correction de certains paramètres lipidiques suggèrent plutôt un rôle de soutien, à intégrer avec un régime alimentaire et une activité physique. Pour ceux qui recherchent des informations pratiques et cliniques, le syndrome métabolique est l'un des domaines les plus utiles pour considérer le gingembre comme un régulateur métabolique intégré et non comme une intervention isolée.

3. LE GINGEMBRE ET SES UTILISATIONS POUR LES PATHOLOGIES TRAITÉES

Dans la littérature consacrée aux maladies inflammatoires et aux affections chroniques, le gingembre est décrit comme une substance capable d'interagir avec des processus biologiques transversaux. Cet intérêt découle de sa composition

phytochimique, notamment les gingérols et les shogaols, deux composés bioactifs qui peuvent influencer les voies de signalisation liées au stress oxydatif, à la réponse immunitaire et au métabolisme cellulaire. Une revue sur les maladies inflammatoires a souligné le potentiel des composés du gingembre à réduire les signaux pro-inflammatoires et à interférer avec les voies impliquant NF- κ B, une plateforme transcriptionnelle qui régule la production de nombreuses cytokines [10]. Parallèlement, la méta-analyse sur les marqueurs inflammatoires a montré, dans les ECR disponibles, une réduction de la CRP, de la hs-CRP et du TNF- α , mais sans effet significatif sur l'IL-6 et la sICAM ; ce détail est important car il suggère une modulation sélective, et non une suppression généralisée de l'inflammation [3]. Dans une perspective plus large, une revue de 2021 a synthétisé les nombreux domaines d'intérêt des bioactifs du gingembre, reliant l'activité antioxydante, inflammatoire et métabolique [11]. Un chapitre pertinent concerne la prévention oncologique. Une revue spécifique sur le gingembre et ses composants purifiés a décrit un rationnel chimiopréventif fondé sur la modulation de l'inflammation, le contrôle de la prolifération et l'interférence avec la survie des cellules transformées [12]. Ces actions sont cohérentes avec un effet sur les facteurs qui favorisent l'instabilité tissulaire et la progression néoplasique. Une revue récente sur le cancer colorectal a également réaffirmé que les composés du gingembre, en particulier les gingérols et les shogaols, agissent sur plusieurs étapes du microenvironnement tumoral et des voies de signalisation, mais en grande partie sur une base préclinique [13]. Dans ce domaine, il est utile d'éviter toute surinterprétation : le fait qu'un même composé influence des voies impliquées dans la croissance cellulaire n'équivaut pas à une preuve d'efficacité clinique antitumorale chez l'homme. C'est pourquoi le message correct reste celui d'un intérêt biologique prometteur, et non d'un traitement alternatif. La prudence est également essentielle car le contexte oncologique exige des critères d'évaluation solides, un suivi adéquat et une comparaison avec des normes établies, éléments qui manquent aujourd'hui dans la plupart des études sur le gingembre et la cancérogenèse [13][12]. La dimension intestinale est tout aussi importante. Une revue dédiée aux maladies inflammatoires de l'intestin a décrit le rôle possible du



gingembre et de ses constituants dans le soutien de la barrière épithéliale et la réduction de certains signaux inflammatoires [14]. La barrière intestinale, en effet, n'est pas seulement un filtre mécanique : elle régule le passage des antigènes, des microbes et des médiateurs qui peuvent alimenter l'inflammation systémique. Dans des modèles cellulaires, le 6-shogaol, un shogaol caractérisé par une activité biologique particulièrement étudiée, a montré la capacité de prévenir la perte de barrière induite par le TNF- α en inhibant PI3K/Akt et NF- κ B [15]. Ceci est intéressant car cela relie l'environnement intestinal aux voies intracellulaires qui régulent la perméabilité, l'inflammation et la réponse immunitaire. Il en résulte un tableau cohérent : le gingembre semble biologiquement plausible dans les affections chroniques où l'inflammation persistante représente un nœud central, mais les preuves chez l'homme ne sont pas encore suffisantes pour généraliser son utilisation comme intervention thérapeutique spécifique [13][12][10][14][15]. Le tableau général doit être lu avec précision. Les preuves sont plus convaincantes lorsqu'il s'agit de modulation inflammatoire et de signaux biochimiques ; elles deviennent plus faibles lorsque l'on prétend à des applications cliniques directes en oncologie ou dans les pathologies intestinales. C'est précisément cette distinction qui permet d'utiliser le gingembre dans un langage scientifique correct, en séparant le rationnel de l'affirmation thérapeutique. De là naît le lien naturel avec les mécanismes intracellulaires plus spécifiques, où la relation avec mTOR, le complexe protéique qui intègre les signaux de croissance et la disponibilité énergétique, devient centrale [13][12][10][14]. Une interprétation institutionnelle doit donc valoriser la plausibilité biologique sans la transformer en recommandation clinique indiscriminée. En résumé, le gingembre mérite attention en tant qu'adjuvant nutritionnel, surtout dans les conditions où l'inflammation, le stress oxydatif et la dysfonction de la barrière contribuent à la physiopathologie [11][10][3]. Les domaines qui méritent attention incluent :

- interaction avec l'inflammation systémique et locale ;
- rôle possible dans les processus de prévention oncologique ;

- connexions avec l'équilibre intestinal et le microbiote, c'est-à-dire la communauté de micro-organismes qui vit dans l'intestin ;
- applications dans les pathologies chroniques à composante métabolique ;
- interprétation prudente des données humaines disponibles [13][12][10][14][3].

Nous verrons plus loin les principaux contextes dans lesquels le gingembre a été étudié : la prévention du cancer, l'intestin et le métabolisme. La clé reste de séparer la justification biologique des preuves cliniques déjà disponibles.

3.1 Gingembre et prévention du cancer : ce que suggère la recherche

Le gingembre a été étudié en oncologie, principalement pour son rôle chimiopréventif potentiel, c'est-à-dire sa capacité à contribuer à réduire le risque de transformation cellulaire avant que la tumeur ne se développe. D'un point de vue biologique, cet intérêt découle de la capacité de ses constituants à agir sur l'inflammation, le stress oxydatif et la survie cellulaire, trois processus qui participent à la transformation néoplasique. Une revue sur les gingérols et leurs composants purifiés a décrit des activités potentiellement utiles pour réduire la prolifération, l'inflammation et les signaux pro-survie des cellules transformées [12]. Une revue sur le carcinome colorectal a ensuite montré que les gingérols et les shogaols agissent sur les voies de signalisation impliquées dans l'angiogenèse, l'apoptose et le microenvironnement tumoral [13]. Dans le cadre de la prévention, il ne s'agit pas de le considérer comme un traitement anticancéreux, mais comme une substance qui pourrait contribuer à rendre moins favorable un environnement biologique prédisposé à la transformation cellulaire. La littérature suggère un intérêt particulier pour les tissus exposés à une inflammation persistante, mais les données humaines restent encore limitées. C'est pourquoi ce sujet doit être abordé avec prudence : le rationnel biologique existe, tandis que la traduction clinique nécessite des confirmations supplémentaires. C'est un domaine pertinent pour ceux qui recherchent des informations fiables sur le gingembre et le cancer sans surinterpréter les preuves. En termes pratiques, cela signifie que l'utilisation éventuelle ne peut avoir de sens que dans le cadre d'un régime nutritionnel global,



jamais en remplacement des parcours diagnostiques ou thérapeutiques standard.

3.2 Le gingembre et l'inflammation intestinale : barrières, microbiote et symptômes

Dans le tractus intestinal, le gingembre suscite un intérêt pour son interaction possible avec l'inflammation, la barrière épithéliale et la composition du microbiote. Cet axe est crucial car de nombreuses pathologies intestinales naissent ou se maintiennent par une perte d'intégrité de la muqueuse, suivie d'une activation immunitaire et d'une amplification des signaux pro-inflammatoires. Une revue dédiée aux maladies inflammatoires de l'intestin a décrit le potentiel du gingembre et de ses composants pour soutenir la barrière et moduler la réponse immunitaire mucosale [14]. Dans un modèle cellulaire, le 6-shogaol, un shogaol à l'activité biologique bien documentée, a prévenu la perte de barrière induite par le TNF- α via l'inhibition de PI3K/Akt et NF- κ B [15]. Ce contexte est particulièrement important car de nombreuses pathologies chroniques partagent une composante intestinale, non seulement digestive mais aussi immunométabolique. Les données disponibles suggèrent que les composés du gingembre peuvent influencer l'environnement intestinal de manière favorable, mais la direction de l'effet dépend de la dose, de la formulation et de l'état clinique de départ. Il ne s'agit donc pas d'une solution unique pour les troubles intestinaux, mais plutôt d'une option nutritionnelle à interpréter dans le cadre plus large de la physiopathologie. La signification clinique, à l'heure actuelle, est surtout hypothétique et de soutien : utile pour générer des hypothèses, pas encore pour définir des indications standardisées.

4. LE GINGEMBRE ET LA RELATION AVEC MTOR

Parmi les bioactifs du gingembre, le 6-shogaol est le composé le plus directement lié à la régulation de l'axe PI3K/AKT/mTOR, une cascade de signaux intracellulaires qui contrôle la croissance, la survie et le métabolisme cellulaire. Dans des modèles cellulaires de carcinome cervical, ce métabolite a montré un effet antitumoral, associé à une réduction de la croissance cellulaire via la voie PI3K/Akt/mTOR

[16]. Une autre revue, dédiée aux propriétés antitumorales du 6-shogaol, a synthétisé son rôle dans la modulation de la prolifération, de l'apoptose (c'est-à-dire la mort cellulaire programmée) et des signaux de survie, confirmant que son intérêt découle d'une action multifactorielle et non d'une seule cible [17]. Dans le carcinome oral également, le 6-shogaol a montré un effet anticancéreux associé à la suppression du signal AKT, une kinase, c'est-à-dire une enzyme qui transfère des groupes phosphate et transmet des signaux intracellulaires [18]. Cette convergence de données suggère que le gingembre pourrait intervenir sur un réseau de régulation partagé, plutôt que sur une seule anomalie moléculaire. Sur le plan biologique, cette donnée est pertinente car de nombreux cancers et de nombreuses conditions inflammatoires dépendent précisément de signaux de survie trop persistants. La signification de mTOR, cependant, va au-delà de l'oncologie. mTORC1, c'est-à-dire le complexe I de la protéine mTOR, intègre les nutriments et les facteurs de croissance pour promouvoir la synthèse protéique et l'anabolisme, c'est-à-dire l'ensemble des processus qui construisent de nouvelles molécules cellulaires ; lorsque cette voie est excessivement active, la cellule a tendance à rester dans un état de croissance et à réduire le renouvellement des composants endommagés. Dans ce contexte, la modulation de mTOR par les composés du gingembre est interprétée comme un avantage possible dans les contextes d'inflammation chronique, de stress métabolique et d'altération de la qualité cellulaire [16][17]. Le lien avec l'autophagie, le système par lequel la cellule dégrade et recycle les composants internes endommagés, est particulièrement important. Lorsque mTOR est freinée, ce processus peut devenir plus actif et favoriser l'homéostasie, c'est-à-dire le maintien de l'équilibre interne. Le gingembre est donc observé comme un modulateur potentiel de l'équilibre entre croissance et maintenance cellulaire, un équilibre central dans de nombreuses maladies chroniques [19][15]. La littérature préclinique suggère également une interaction possible avec AKT et avec PI3K, c'est-à-dire avec l'enzyme initiale de la cascade, qui amplifie le signal de survie et de croissance. Le 6-shogaol a réduit le signal PI3K/Akt dans des modèles de barrière intestinale, contribuant à préserver l'intégrité épithéliale contre le TNF- α , un facteur de nécrose tumorale impliqué dans l'inflammation [15].



Cette donnée renforce l'idée que le gingembre n'agit pas seulement sur une seule maladie, mais sur un ensemble de voies partagées qui régissent la prolifération, l'inflammation et la réponse au stress. La même logique se retrouve dans d'autres composés du gingembre, mais le 6-shogaol reste la référence la plus claire pour comprendre la relation avec mTOR [16][18][17][15]. En parallèle, d'autres recherches sur le gingembre et ses constituants montrent des effets sur les voies énergétiques et redox, c'est-à-dire sur les systèmes d'équilibre oxydo-réducteur, qui peuvent converger sur le contrôle de la croissance cellulaire, rendant le tableau général cohérent [19][20][21][22][23]. Pour le lecteur, la conclusion pratique est simple : le rapport entre le gingembre et mTOR est l'un des points les plus solides de la littérature expérimentale, mais il reste encore un rationnel biologique. La translation clinique chez l'homme, surtout en dehors de l'oncologie, n'est pas démontrée avec la même force. D'où le passage naturel vers les mécanismes de régulation énergétique, où l'AMPK, une kinase sensible à l'état énergétique cellulaire, et mTOR sont considérées comme deux faces du même équilibre métabolique [16][17][15]. Dans ce scénario, les preuves cliniques sur le gingembre dans d'autres domaines, comme la glycémie et l'inflammation, aident à comprendre pourquoi son profil est considéré comme prometteur même lorsque le résultat final ne concerne pas directement mTOR [1][2][4][10][24][25]. Dans l'ensemble, le message scientifique reste prudent mais clair. Le 6-shogaol représente un pont crédible entre la phytochimie et la biologie de la signalisation cellulaire. Cependant, sa capacité à moduler PI3K/AKT/mTOR ne doit pas être confondue avec un effet thérapeutique déjà validé chez l'homme. Actuellement, la donnée la plus robuste est que le gingembre offre un rationnel mécanistique cohérent, utile pour interpréter les études futures et pour relier le métabolisme, l'inflammation et l'adaptation cellulaire dans un cadre physiopathologique unique [16][18][17][15]. Les points biologiques les plus pertinents à suivre sont les suivants :

- activation ou freinage de la voie PI3K/AKT/mTOR ;
- effets sur la prolifération et la survie cellulaire ;
- interférence possible avec l'autophagie et le stress oxydatif, c'est-à-dire l'altération due à un excès d'espèces réactives de l'oxygène ;

- connexions entre mTOR, l'inflammation et le microenvironnement tissulaire ;
- valeur surtout préclinique des observations disponibles [16][18][17][19][15].

Le premier aspect à clarifier est le poids du 6-shogaol dans la régulation de la voie PI3K/Akt/mTOR. Immédiatement après, l'accent est mis sur le lien entre mTOR, l'autophagie et le stress cellulaire, c'est-à-dire sur les conditions qui déterminent la capacité de la cellule à s'adapter.

4.1 Le gingembre et la voie PI3K/AKT/mTOR : le rôle du 6-shogaol

Le 6-shogaol est l'un des composés du gingembre les plus étudiés dans le contexte de la voie PI3K/AKT/mTOR. Dans des modèles cellulaires de carcinome cervical, il a montré un effet antitumoral, avec suppression du signal PI3K/Akt/mTOR et réduction de la croissance cellulaire [16]. Dans le carcinome oral, il a réduit l'activité d'AKT avec des conséquences anticancéreuses [18]. Cela ne signifie pas que le gingembre « éteint » mTOR de manière indiscriminée ; cela suggère plutôt une modulation sélective qui dépend du contexte biologique. L'intérêt pour cette voie découle du fait que mTOR est un nœud central pour la croissance, la synthèse protéique et l'adaptation nutritionnelle. Pour le lecteur, la question clé ne concerne pas seulement ce que fait le composé, mais aussi la raison pour laquelle cette modulation est pertinente dans les processus d'inflammation chronique, de métabolisme altéré et de vulnérabilité cellulaire. La littérature plus large sur le gingembre montre en effet des effets cohérents sur les paramètres inflammatoires et métaboliques, renforçant l'hypothèse d'une action en réseau [2][4][26][10][9][24][25].

4.2 Gingembre, autophagie et stress cellulaire : pourquoi mTOR est important

mTOR est pertinent non seulement pour la croissance cellulaire, mais aussi pour la régulation de l'autophagie, le processus par lequel la cellule recycle les composants endommagés et maintient l'homéostasie. Lorsque mTOR reste excessivement active, l'autophagie a tendance à être freinée ; lorsque le signal est modulé, la cellule peut récupérer une partie de sa capacité d'adaptation. Dans le cas du



gingembre, certains composés semblent favoriser un équilibre plus favorable entre les signaux anaboliques et les mécanismes de nettoyage intracellulaire. Le 6-shogaol a également montré la capacité de préserver la barrière intestinale, réduisant la perte d'intégrité induite par le TNF- α via PI3K/Akt et NF- κ B, un facteur de transcription qui régule l'expression des gènes impliqués dans l'inflammation [15]. Ce sujet est important car il relie le métabolisme au stress oxydatif et à la qualité fonctionnelle des tissus. Il ne doit cependant pas être interprété comme une garantie d'effet clinique : c'est surtout un axe interprétatif utile pour comprendre pourquoi le gingembre est étudié dans diverses conditions chroniques. Le cadre expérimental s'intègre bien dans les observations sur le diabète, l'inflammation et l'état redox, y compris celles avec 3 g/j pendant 3 mois chez 41 patients atteints de DT2, dont 22 sous gingembre et 19 sous placebo, avec une réduction de la glycémie, de l'HbA_{1c}, de l'insuline et de l'HOMA-IR par rapport au placebo [1], et celles avec 3 g/j pendant 3 mois chez des adultes atteints de DT2, avec une amélioration de la glycémie, de l'HbA_{1c}, de l'insuline, de la résistance à l'insuline, de la hs-CRP, du PON-1, du TAC et du MDA [2].

5. LE GINGEMBRE, L'AMPK ET LE RÉÉQUILIBRAGE ÉNERGÉTIQUE DE MTOR

L'un des aspects les plus intéressants ressort des études sur le [11]-gingérol dans les cellules musculaires squelettiques. Dans des modèles cellulaires, ce composé a augmenté la phosphorylation de l'AMPK α 2, c'est-à-dire l'ajout d'un groupe phosphate qui reflète son activation fonctionnelle, entraînant une augmentation de l'absorption cellulaire de glucose [19]. Dans un autre travail sur des cellules C2C12, un extrait de gingembre a augmenté l'expression de GLUT4, le transporteur de glucose, principalement via l'AMPK par rapport à la PI3K, la phosphatidylinositol 3-kinase impliquée dans la transduction du signal insulinaire [27]. Ces observations sont importantes car elles montrent un mécanisme cohérent avec l'augmentation de la captation de glucose dans le muscle, un tissu crucial pour le contrôle glycémique [19,27]. D'un point de vue physiopathologique, le muscle squelettique représente en effet le principal site périphérique d'utilisation du glucose après les repas, et sa résistance à l'insuline est l'un des piliers du diabète de type 2.

Lorsque l'AMPK est activée, la cellule interprète une condition de disponibilité énergétique limitée et répond en favorisant l'entrée de substrats et l'optimisation de leur utilisation. Le gingembre semble donc agir sur un nœud régulateur qui relie le signal énergétique, le transport du glucose et la sensibilité à l'insuline, avec une plausibilité biologique qui va au-delà de l'effet symptomatique. Le lien avec le métabolisme lipidique est tout aussi solide sur le plan expérimental. Chez des rats nourris avec un régime riche en graisses, le 6-gingérol a atténué l'axe AMPK-NF- κ B, c'est-à-dire le circuit qui met en relation le capteur énergétique avec le facteur nucléaire kappa B, réduisant les signaux inflammatoires et améliorant le profil métabolique [21]. Dans un modèle murin de stéatose hépatique, c'est-à-dire d'accumulation de graisse dans le foie, le 6-gingérol a réduit l'accumulation lipidique, l'inflammation et le stress oxydatif via l'activation de LKB1/AMPK, une voie qui relie une kinase en amont à la régulation énergétique cellulaire [23]. Plus spécifiquement encore, un mélange de composés phénoliques du gingembre a amélioré la fonction mitochondriale, activé l'AMPK et réduit l'accumulation lipidique dans les adipocytes, les cellules spécialisées dans le stockage des graisses [22]. Ces résultats sont biologiquement convergents : lorsque l'AMPK est activée, la cellule tend à réduire l'anabolisme lipidique et à améliorer l'efficacité énergétique, avec des effets favorables sur le foie, le muscle et le tissu adipeux [21,22,23]. En d'autres termes, l'axe n'agit pas seulement sur le glucose, mais sur l'ensemble de l'équilibre entre la déposition et la consommation énergétique. Ceci est particulièrement pertinent dans le syndrome métabolique, où l'inflammation de bas grade, la stéatose et l'insulinorésistance se renforcent mutuellement. Le passage de l'AMPK à mTOR devient donc lisible comme un rééquilibrage énergétique. L'AMPK peut freiner mTORC1, le complexe de mTOR qui favorise la croissance cellulaire, par des étapes intermédiaires impliquant le contrôle de la disponibilité énergétique et l'activation de nœuds régulateurs en amont. En termes fonctionnels, cela favorise des processus tels que l'autophagie, c'est-à-dire le recyclage intracellulaire des composants endommagés, un stress oxydatif moindre et une meilleure gestion des substrats énergétiques. Ce schéma est également bien



illustré par des études sur d'autres composés naturels qui modulent l'AMPK et mTOR dans les cellules musculaires ou hépatiques [28,29,30,31]. L'intérêt du gingembre réside dans le fait que ses composants semblent s'insérer dans la même architecture biologique, avec une cohérence qui traverse plusieurs modèles expérimentaux [19,21,22,23]. Sur le plan clinique, une moindre pression sur mTOR peut s'avérer utile lorsque l'excès nutritionnel maintient constamment actives les voies anaboliques et pro-inflammatoires. Pour cette raison, l'interprétation la plus correcte n'est pas celle d'un effet "anti-croissance", mais d'un réajustement du rapport entre disponibilité énergétique, réparation cellulaire et utilisation des nutriments. Le noyau conceptuel est donc clair : le gingembre n'est pas simplement une substance "hypoglycémiante", mais un modulateur de réseaux énergétiques plus larges. L'activation de l'AMPK aide à expliquer pourquoi les résultats observés dans certaines études humaines sont accompagnés d'améliorations de la glycémie, de la sensibilité à l'insuline et du profil lipidique. La distance entre la préclinique et la clinique reste cependant réelle, et c'est précisément pourquoi ce tableau doit être lu comme un argument biologique fort, et non comme une preuve définitive d'efficacité métabolique chez l'homme [19,21,22,23,27]. Dans la pratique institutionnelle, cela signifie valoriser le mécanisme sans surestimer la transférabilité des données expérimentales. Lorsque l'alimentation, le contrôle du poids, l'activité physique et la thérapie sont intégrés, la modulation possible de l'AMPK par le gingembre peut représenter un élément complémentaire, non substitutif, dans la gestion du risque métabolique. Pour lire cet axe de manière ordonnée, il convient de suivre trois niveaux : le premier concerne le signal de stress énergétique qui active l'AMPK ; le second comprend la régulation de mTOR et des processus d'autophagie ; le troisième s'observe dans les tissus cibles, notamment le muscle, le foie et les adipocytes. Dans cette perspective, le profil bioactif du gingembre apparaît cohérent avec sa discussion dans la littérature sur la glycémie, les lipides et l'inflammation [19,21,22,23,27].

- activation de l'AMPK comme signal de stress énergétique ;
- effets sur mTOR, l'autophagie et l'utilisation du glucose ;

- répercussions sur le muscle, le foie et le tissu adipeux ;
- connexion avec les biomarqueurs cliniques observés dans les essais [19,21,22,23,27].

L'étape suivante consiste à comprendre comment les composés individuels du gingembre s'intègrent dans les voies de l'AMPK dans les muscles et le foie. Cela permet de clarifier pourquoi l'axe énergétique a des effets si importants sur le glucose, les lipides et la signalisation de croissance.

5.1 [11]-gingérol et activation de l'AMPK dans les cellules musculaires

Le [11]-gingérol est l'un des composés les plus étudiés pour expliquer le lien entre le gingembre et l'AMPK. Dans des modèles de cellules musculaires, il a augmenté la phosphorylation de l'AMPK α 2, avec un effet favorable sur l'absorption du glucose [19]. Dans les cellules C2C12, un extrait de gingembre a augmenté l'expression de GLUT4 préférentiellement via l'AMPK plutôt que la PI3K [27]. Cette donnée est importante car elle suggère une modulation du capteur énergétique, et pas seulement une amélioration générique de la glycémie. Dans le muscle squelettique, où se produit une part significative de la captation du glucose post-prandiale, le signal de l'AMPK représente un mécanisme plausible pour expliquer une partie des bénéfices métaboliques observés avec le gingembre. Il ne s'agit pas d'attribuer au [11]-gingérol un effet pharmacologique unique et définitif, mais de reconnaître qu'il peut s'intégrer dans un réseau d'adaptation qui favorise l'entrée du glucose dans les cellules lorsque l'énergie est requise. Cela fait de ce composé un candidat biologiquement cohérent pour des études approfondies sur le gingembre et le métabolisme. De plus, son action s'intègre à la physiologie de l'exercice et du jeûne, deux conditions dans lesquelles l'AMPK devient naturellement plus active et pousse le muscle à mieux utiliser les substrats disponibles. En ce sens, le gingembre semble dialoguer avec les mêmes axes adaptatifs que l'organisme utilise pour faire face au déficit énergétique.



5.2 Le gingembre, l'AMPK et le métabolisme lipidique dans le foie

Le foie est l'un des tissus où l'axe AMPK revêt une importance particulière, car il coordonne la synthèse, l'oxydation et le stockage des lipides. Dans des modèles de régime riche en graisses, le 6-gingérol a amélioré le tableau inflammatoire et métabolique via l'AMPK et le NF- κ B [21]. Dans un modèle de stéatose hépatique, le 6-gingérol a atténué l'accumulation lipidique, l'inflammation et le stress oxydatif en activant la LKB1/AMPK [23]. Cette lecture est particulièrement utile lorsqu'il s'agit d'excès calorique chronique et d'accumulation de graisse dans le foie, car l'AMPK tend à déplacer l'équilibre vers une plus grande oxydation des substrats et une moindre poussée anabolique. Le gingembre, dans ce contexte, ne doit pas être considéré comme un traitement de la stéatose, mais comme une source de composés pouvant moduler des voies cellulaires clés dans le contrôle du métabolisme lipidique. Le signal est cohérent avec un intérêt croissant pour les effets du gingembre et de mTOR sur la gestion de l'énergie dans les tissus métaboliquement les plus exposés. Dans les modèles cités, la réduction de l'inflammation est un aspect décisif, car l'inflammation hépatique amplifie la résistance à l'insuline et favorise l'aggravation progressive de la NAFLD. C'est pourquoi l'intérêt potentiel du gingembre ne se limite pas au dépôt de triglycérides, mais concerne l'ensemble de l'environnement métabolique du foie.

5.3 Le gingembre et la fonction mitochondriale : énergie, adipocytes et flexibilité métabolique

Un autre aspect central de la relation entre le gingembre et l'AMPK concerne la fonction mitochondriale. Dans une étude expérimentale, un mélange de composés phénoliques du gingembre a amélioré la fonction mitochondriale, activé l'AMPK et réduit l'accumulation lipidique dans les adipocytes [22]. Dans les tissus adipeux, cela est pertinent car une meilleure efficacité mitochondriale favorise une gestion plus ordonnée des nutriments et limite la tendance au stockage excessif. Dans différents modèles, l'activation de l'AMPK s'accompagne d'une plus grande flexibilité métabolique, c'est-à-dire la capacité de la cellule à passer de l'oxydation des

graisses à l'utilisation du glucose en fonction de la disponibilité énergétique. Le gingembre est donc considéré comme un modulateur d'un équilibre bioénergétique plus large, et non comme un simple agent hypoglycémiant. Cela aide à comprendre pourquoi son profil est également étudié en relation avec l'insulinorésistance, le syndrome métabolique et les altérations du métabolisme lipidique. Le message biologique est que la qualité de l'énergie compte autant que sa quantité. Lorsque les mitochondries fonctionnent mieux, la cellule tolère plus facilement l'excès de nutriments et réduit la production de signaux qui soutiennent le stress oxydatif et l'inflammation chronique. Dans ce cadre, le potentiel du gingembre est de favoriser une bioénergétique plus efficace et moins désordonnée, compatible avec un état métabolique plus stable.

6. LE GINGEMBRE ET L'AMÉLIORATION DE LA RÉSISTANCE À L'INSULINE

Dans les essais cliniques, le gingembre a été principalement évalué pour son impact possible sur la sensibilité à l'insuline, c'est-à-dire la capacité des tissus à répondre efficacement à l'insuline. Dans ce contexte, il est important de rappeler que l'insulinorésistance n'est pas seulement un chiffre de laboratoire, mais un défaut de réponse des tissus périphériques au signal de l'insuline. Lorsque les muscles, le foie et le tissu adipeux répondent moins efficacement, le pancréas compense par une hyperinsulinémie, c'est-à-dire une augmentation de l'insuline circulante, tandis que la glycémie a tendance à augmenter et le risque métabolique s'accroît. Dans certaines études sur des sujets présentant des altérations métaboliques, la supplémentation a réduit l'insuline circulante et l'HOMA-IR, l'indice qui estime la résistance à l'insuline à partir de la glycémie et de l'insulinémie à jeun [1][2]. Dans l'étude sur le diabète de type 2, 3 g par jour pendant 3 mois ont entraîné une baisse significative de la glycémie, de l'HbA_{1c}, l'hémoglobine glyquée qui reflète l'évolution moyenne de la glycémie au cours des mois précédents, et de la résistance à l'insuline, tandis que dans l'essai suivant, une amélioration du profil oxydatif a également été observée [1][2]. Ces résultats sont pertinents car ils indiquent un effet possible à plusieurs niveaux de la pathologie, et pas seulement sur la glycémie de surface. Le gingembre est donc considéré comme un



adjuvant métabolique, et non comme un substitut thérapeutique, et son utilité dépend principalement du contexte clinique dans lequel il est utilisé. La cohérence du signal apparaît plus clairement dans les cas de syndrome métabolique et d'obésité, deux conditions dans lesquelles l'insulinorésistance s'accompagne souvent d'une inflammation chronique de bas grade, c'est-à-dire d'une activation persistante mais légère des processus inflammatoires. Dans une étude randomisée sur des sujets atteints du syndrome métabolique, 3 g par jour pendant 8 semaines ont amélioré plusieurs paramètres anthropométriques, c'est-à-dire des mesures corporelles comme le poids et le tour de taille, et métaboliques, y compris la glycémie à jeun [5]. Chez les patients obèses atteints de DT2 nouvellement diagnostiqué, la supplémentation en gingembre a amélioré le contrôle glycémique et le profil lipidique, c'est-à-dire la distribution des graisses circulantes [6]. Une méta-analyse, c'est-à-dire une synthèse quantitative de plusieurs études, sur des sujets en surpoids ou obèses a révélé des améliorations globales des profils métaboliques, bien qu'avec une intensité variable [7]. La lecture physiopathologique reste cohérente : lorsque l'hyperinsulinémie chronique alimente l'inflammation et le stress oxydatif, un modulateur nutritionnel qui agit sur plusieurs plans peut contribuer à briser une partie du cercle vicieux [7][32][9]. En ce sens, l'effet ne doit pas être interprété comme une simple « baisse du sucre », mais comme une atténuation possible d'un environnement biologique qui entrave l'action de l'insuline. Un autre élément important concerne la composante inflammatoire et redox, terme qui indique l'équilibre entre les processus oxydants et les défenses antioxydantes. Dans l'un des essais sur le diabète de type 2, outre la glycémie, l'HbA_{1c}, l'insuline et l'HOMA-IR, le hs-CRP, la protéine C-réactive ultra-sensible qui signale l'inflammation systémique, la PON-1, une enzyme associée à la protection des lipoprotéines, la TAC, la capacité antioxydante totale, et le MDA, un marqueur de la peroxydation lipidique, se sont améliorés [2]. Cette donnée est importante car l'insulinorésistance est étroitement liée à l'activation des voies pro-inflammatoires et à l'accumulation d'espèces réactives de l'oxygène, molécules oxydantes produites pendant le métabolisme. Dans ce scénario, la réduction du hs-CRP signale une moindre réponse inflammatoire systémique, tandis que l'augmentation

de la PON-1 et de la TAC suggère un renforcement des défenses antioxydantes. La diminution du MDA, enfin, indique une limitation de la peroxydation lipidique, c'est-à-dire de l'un des principaux marqueurs des dommages oxydatifs des membranes [2][4][11]. C'est pourquoi les données cliniques sont compatibles avec une action biologique plus large, qui implique également le microenvironnement cellulaire dans lequel se développe la résistance à l'insuline. Les revues disponibles soulignent en effet que l'action du gingembre ne se limite pas au métabolisme glucidique, mais touche l'inflammation, l'homéostasie oxydative et les signaux énergétiques [4][11][9]. Un autre domaine d'intérêt est la stéatose hépatique non alcoolique, c'est-à-dire l'accumulation de graisse dans le foie non due à l'alcool. Dans une étude clinique randomisée, en double aveugle et contrôlée par placebo, sur des patients atteints de DT2 et de NAFLD, la stéatose hépatique non alcoolique, l'intervention avec du gingembre a amélioré les paramètres métaboliques et le tableau de la maladie du foie gras [32]. Ce résultat est particulièrement intéressant car il relie le bénéfice métabolique à la physiopathologie hépatique, où l'insulinorésistance favorise l'accumulation de lipides, la lipotoxicité, c'est-à-dire la toxicité due à l'excès de graisses, et le stress oxydatif. Dans le foie insulinorésistant, la captation et l'oxydation des acides gras deviennent inefficaces, tandis que la synthèse lipidique peut rester inappropriément active. Dans un tel contexte, une intervention nutritionnelle capable de réduire la charge oxydative et d'améliorer la signalisation énergétique peut avoir une retombée clinique concrète. L'évidence de synthèse est renforcée par une méta-analyse qui a examiné les effets du gingembre sur le DT2 et les composants du syndrome métabolique, rapportant un signal favorable mais non uniforme sur tous les critères d'évaluation [9]. Cet aspect appelle à la prudence interprétative, mais n'affaiblit pas le rationnel : il définit plutôt un domaine d'utilisation réaliste, où le bénéfice est plus plausible chez les sujets présentant une dysfonction métabolique déjà manifeste. Le point central est donc que le gingembre semble agir mieux lorsque le problème initial est déjà présent. Dans ces cas, son action sur le réseau inflammatoire, c'est-à-dire sur l'ensemble des voies biologiques impliquées dans l'inflammation, sur le stress oxydatif et sur les signaux



énergétiques peut se traduire par une amélioration mesurable de paramètres tels que l'HOMA-IR, l'insuline et la glycémie. La plausibilité biologique est également soutenue par des études expérimentales qui montrent une implication de l'AMPK, une kinase qui régule l'équilibre énergétique cellulaire, de mTOR, un régulateur de la croissance et du métabolisme, et des voies liées au métabolisme glucidique et lipidique [19][20][21][22][23]. Cela n'élimine pas les limites de la littérature, mais aide à situer le composé dans son espace correct : un adjuvant nutritionnel avec un rationnel biologique, surtout dans les troubles métaboliques [1][2][4][11][5][6][7][32][9]. Les points suivants détaillent les données cliniques les plus pertinentes et les contextes dans lesquels le signal apparaît le plus solide. L'objectif est de comprendre quand l'amélioration de l'insulinorésistance est réellement observable et quand elle reste une simple hypothèse biologique.

Les points suivants abordent les données cliniques les plus pertinentes et les contextes dans lesquels le signal apparaît le plus solide. L'objectif est de comprendre quand l'amélioration de la résistance à l'insuline est réellement observable et quand elle reste une simple hypothèse biologique.

6.1 Le gingembre et la sensibilité à l'insuline : ce que montrent les études humaines

Dans les essais cliniques, le gingembre a été principalement évalué pour son impact possible sur la sensibilité à l'insuline, c'est-à-dire la capacité des tissus à répondre efficacement à l'insuline. Dans deux études randomisées menées sur des patients atteints de DT2, 3 g par jour pendant 3 mois ont réduit l'insuline circulante et le HOMA-IR, ainsi que la glycémie et l'HbA1c [1][2]. Dans l'une de ces études, les taux de hs-CRP, PON-1, TAC et MDA se sont également améliorés, ce qui indique une réduction de l'inflammation, une amélioration de la défense antioxydante et une diminution des dommages oxydatifs [2]. Ce profil est important car l'insulinorésistance ne dépend pas seulement du glucose, mais aussi du contexte inflammatoire dans lequel le signal insulinaire est transmis. Au niveau cellulaire, l'hypothèse la plus cohérente est que les composés phénoliques du gingembre, molécules bioactives d'origine végétale, influencent les nœuds de

régulation métabolique et réduisent l'interférence exercée par les cytokines et les radicaux libres sur la cascade insulinaire [11][19][20][21][22]. Le gingembre est donc considéré comme un adjuvant métabolique, et non comme un substitut thérapeutique. Le lecteur trouvera ici le point de départ pour comprendre quand le signal clinique est cohérent et quand il reste préliminaire, en particulier chez les sujets présentant des altérations métaboliques déjà documentées [1][2].

6.2 Le gingembre pendant la grossesse : insulinorésistance et diabète gestationnel

Pendant la grossesse, la physiologie glucidique change et la sensibilité à l'insuline tend à diminuer, augmentant le risque de diabète gestationnel chez les sujets prédisposés. Dans une étude randomisée, en double aveugle et contrôlée par placebo, des femmes atteintes de DG et de TTG altéré, c'est-à-dire de diabète gestationnel et de test de tolérance au glucose oral altéré, ont reçu du gingembre, avec des effets favorables sur la glycémie [33]. Ces données doivent être interprétées avec prudence : la grossesse est une condition clinique spécifique, avec ses propres besoins nutritionnels et limites de sécurité, de sorte que le résultat ne se transfère pas automatiquement à d'autres populations [34][35]. Cependant, cela reste intéressant car cela montre que l'effet potentiel sur le métabolisme glucidique peut également apparaître dans un contexte où l'insulinorésistance est en partie physiologique mais peut devenir cliniquement pertinente. En termes physiopathologiques, cela signifie que le soutien nutritionnel pourrait atténuer la pression métabolique sur un système déjà exposé à une demande insulinaire accrue, sans modifier le tableau de base de la gestation. C'est pourquoi le sujet est souvent discuté en même temps que la compatibilité du gingembre avec le contrôle métabolique dans les phases délicates de la vie [33].

7. GINGEMBRE, GLYCÉMIE ET MÉTABOLISME DES GLUCIDES

La question du gingembre et de la glycémie à jeun est l'une des plus fréquentes, car elle répond à un besoin très concret : comprendre si une épice peut contribuer au contrôle de la glycémie. Dans les essais sur le DT2, c'est-à-dire le diabète sucré de type 2, la supplémentation avec 3 g par jour pendant 3 mois a réduit significativement la glycémie sérique, avec une



diminution de $19,41 \pm 18,83$ mg/dL dans l'étude de Mozaffari-Khosravi et une amélioration similaire dans l'étude d'Arablou [1][2]. Dans les deux cas, le signal ne concerne pas un seul paramètre, mais une constellation d'indices métaboliques qui évoluent ensemble. La même littérature rapporte des améliorations de l'HbA_{1c}, de l'insuline et de la résistance à l'insuline, c'est-à-dire la capacité réduite des tissus à répondre à l'insuline, avec des effets cohérents également sur la hs-CRP, la protéine C réactive à haute sensibilité, la PON-1, la paraoxonase 1, la TAC, la capacité antioxydante totale, et la MDA, le malondialdéhyde, dans l'étude d'Arablou [2]. Ceci est important car cela suggère une action qui traverse le contrôle glycémique, le stress oxydatif et l'inflammation de bas grade. La méta-analyse de 2018 sur le DT2 et les composants du syndrome métabolique a confirmé un signal favorable sur la glycémie, tout en rappelant l'hétérogénéité des protocoles [9]. Il est donc plus correct de parler de soutien métabolique que de thérapie autonome. Le gingembre ne remplace pas le régime alimentaire, l'activité physique et les médicaments, mais il peut accompagner les stratégies standard lorsque l'objectif est d'améliorer la qualité du contrôle glycémique. Le métabolisme post-prandial est crucial, car il coïncide avec le moment où le corps doit gérer l'apport de nutriments après le repas. Dans ce contexte, une étude randomisée menée auprès de 24 adultes non diabétiques a testé 100 mL d'extrait aqueux de gingembre contenant 0,2 g/100 mL et a observé une réduction significative de l'aire incrémentale sous la courbe, c'est-à-dire de l'iAUC, du glucose et de la concentration maximale post-prandiale [8]. Cette donnée est pertinente car elle montre que l'effet ne se limite pas à la glycémie à jeun, mais peut toucher la dynamique avec laquelle le glucose est géré après l'ingestion. Du point de vue physiopathologique, les pics post-prandiaux sont étroitement liés au risque cardiométabolique, surtout lorsqu'ils sont associés à une hyperinsulinémie et à une clairance périphérique inefficace, c'est-à-dire à une élimination ralentie du glucose du sang par les tissus. Une modulation légère mais reproductible de ces pics peut avoir une valeur clinique, en particulier chez les sujets atteints de prédiabète, d'obésité ou de diabète de type 2 débutant. La lecture correcte exige de la précision : il ne s'agit pas d'un "blocage" de l'absorption, mais d'une possible

modulation de la réponse métabolique globale, probablement médiatisée par des effets combinés sur la sécrétion d'insuline, la sensibilité tissulaire et la gestion hépatique du glucose. En termes physiologiques, tout cela est lié à la captation périphérique du glucose et à la fonction des transporteurs cellulaires, en particulier GLUT4, le principal transporteur du glucose dans les cellules musculaires en réponse à l'insuline et aux voies énergétiques [36][37][38]. Le muscle squelettique est le principal tissu responsable de la clairance du glucose après le repas ; lorsque GLUT4 est correctement transloqué à la membrane, la glycémie a tendance à être mieux gérée [37][39][40]. Dans les modèles expérimentaux, les composés du gingembre semblent favoriser cette dynamique via l'AMPK, l'adénosine monophosphate kinase, et l'AS160, une protéine régulatrice du trafic de GLUT4 [19][41][42][27]. Ce passage est central : l'AMPK fonctionne comme un capteur énergétique et, lorsqu'elle est activée, elle oriente la cellule vers une utilisation plus efficace du glucose et des substrats énergétiques. En parallèle, la régulation de l'AS160 facilite la translocation de GLUT4 et rend la réponse du muscle à l'insuline plus rapide. Il ne s'agit donc pas d'une seule cible, mais d'un réseau de signaux qui intègre le métabolisme, la disponibilité énergétique et la réponse au stress oxydatif. C'est là que le gingembre s'insère de manière biologiquement plausible, surtout dans les contextes où l'insulinorésistance altère la distribution normale du glucose entre le foie, le muscle et le tissu adipeux. Dans l'ensemble, la littérature suggère donc que le gingembre peut contribuer à une meilleure régulation des glucides, à jeun et après les repas. Le tableau reste plus convaincant chez les sujets présentant des altérations métaboliques initiales, mais la justification biologique s'étend également à la physiologie de la captation glucidique. Cela aide à interpréter correctement les résultats : le bénéfice n'est ni universel ni égal pour tous, mais il apparaît avec plus de cohérence lorsque le système métabolique est déjà sous stress. D'où le passage naturel vers l'utilisation quotidienne et les modes de consommation pratiques, qui aident à traduire les données en un comportement alimentaire réaliste [1][2][9][19][41][27][8]. Les questions les plus fréquentes se concentrent sur :

- le contrôle de la glycémie à jeun et post-prandiale ;



- le rôle dans le transport et l'utilisation du glucose ;
- les différences entre l'utilisation alimentaire et complémentaire ;
- l'intérêt chez les sujets présentant des altérations métaboliques ;
- l'interprétation des pics glycémiques après les repas [1][2][9][8].

La question clinique la plus courante concerne la glycémie à jeun, mais le comportement du glucose ne se mesure pas seulement par une seule valeur. Après les repas, en effet, la réponse post-prandiale et les mécanismes cellulaires qui contrôlent l'utilisation des glucides entrent en jeu.

7.1 Le gingembre et la glycémie à jeun : des bienfaits réels ou des attentes excessives ?

La question du gingembre et de la glycémie à jeun est l'une des plus fréquentes, car elle répond à un besoin pratique : comprendre si une épice peut contribuer au contrôle du sucre. Dans les essais sur le DT2, c'est-à-dire le diabète de type 2, 3 g par jour pendant 3 mois ont réduit la glycémie sérique de $19,41 \pm 18,83$ mg/dL dans l'étude randomisée de Mozaffari-Khosravi et ont confirmé un effet similaire dans l'essai d'Arablou [1][2]. Parallèlement, les mêmes études ont rapporté des améliorations de l'HbA1c, de l'insuline et de la résistance à l'insuline, c'est-à-dire la capacité réduite des tissus à répondre à l'insuline, tandis qu'Arablou a également observé des réductions de la hs-CRP, protéine C réactive à haute sensibilité, et du MDA, malondialdéhyde, avec une augmentation de la PON-1, paraoxonase 1, et du TAC, capacité antioxydante totale [2]. Ce profil est cohérent avec une intervention qui n'agit pas seulement sur le glucose circulant, mais aussi sur l'état oxydatif et inflammatoire qui accompagne le diabète de type 2. La méta-analyse de 2018 a trouvé un signal favorable sur la glycémie, même dans un cadre hétérogène [9]. Il est important d'éviter les conclusions simplistes : le gingembre peut être intéressant comme support, mais il ne remplace pas le régime alimentaire, l'activité physique et la thérapie. Cette distinction est fondamentale également du point de vue éditorial, car elle permet de répondre à la recherche sans la superposer aux parties dédiées à l'insulinorésistance ou au diabète de type 2. Le meilleur angle est celui de

la physiologie : comment le gingembre s'intègre dans la gestion métabolique du glucose, surtout lorsque le contrôle glycémique est déjà compromis.

7.2 Le gingembre et le métabolisme post-prandial : que se passe-t-il après les repas ?

Le métabolisme post-prandial est crucial, car il représente le moment où le corps doit gérer l'apport de nutriments après le repas. Dans ce contexte, le gingembre est étudié pour son effet possible sur la réponse glycémique et la gestion du glucose dans les tissus. Une étude randomisée menée sur 24 adultes non diabétiques a utilisé 100 mL d'extrait aqueux de gingembre à 0,2 g/100 mL et a observé une réduction significative de l'iAUC, c'est-à-dire de l'aire incrémentale sous la courbe, du glucose et de la concentration maximale après le repas [8]. L'intérêt est grand, surtout pour ceux qui recherchent des stratégies alimentaires simples pour réduire les pics. D'un point de vue physiologique, ces pics dépendent de la rapidité d'absorption intestinale, de la sécrétion d'insuline et de la capacité des tissus périphériques à capter le glucose. Lorsque l'une de ces étapes est inefficace, la glycémie post-prandiale a tendance à rester élevée plus longtemps, augmentant la charge métabolique globale. Le gingembre semble agir de manière modulatrice, sans annuler la réponse physiologique, mais en la rendant potentiellement plus ordonnée. Cependant, une lecture correcte exige de la précision : il ne s'agit pas d'un « blocage » de l'absorption, mais d'une possible modulation de la réponse métabolique globale. Le sujet est également utile pour distinguer l'utilisation traditionnelle de l'épice des preuves scientifiques disponibles, souvent plus prudentes que les attentes communes.

8. LE GINGEMBRE EN PRATIQUE : DOSE, FORMES ET USAGE ALIMENTAIRE

Le gingembre frais et le gingembre en poudre ne sont pas équivalents sur le plan pratique, car ils diffèrent par leur format, leur concentration et leurs modalités d'utilisation. Dans les essais cliniques, c'est-à-dire les études expérimentales menées sur l'homme, la forme la plus utilisée a été la poudre en capsules, souvent à la dose de 3 g par jour pendant 8 à 12 semaines ou 3 mois, comme dans les études sur le diabète, le syndrome métabolique et l'obésité [1][2][5][6][9]. Ce choix n'est



pas fortuit, car la poudre permet une meilleure standardisation, utile lorsque l'on veut comparer l'effet des gingérols et des shogaols sur la glycémie, l'inflammation et le métabolisme. Les gingérols et les shogaols sont des composés bioactifs, c'est-à-dire des substances naturellement présentes dans le gingembre et responsables d'une partie de ses activités biologiques. Dans un contexte alimentaire, cependant, la forme choisie dépend surtout de l'arôme, de la facilité d'utilisation et de la tolérabilité. Le frais est plus polyvalent en cuisine, tandis que la poudre est plus simple à doser. L'aspect le plus utile est de comprendre que la forme sélectionnée doit être cohérente avec l'objectif alimentaire, la tolérabilité et la facilité d'adhésion dans le temps. Cela vaut également lorsque l'on recherche une utilisation orientée vers le soutien métabolique, car l'effet dépend de la continuité, et non d'une utilisation unique. La dose est un point décisif, car ce qui a été étudié en clinique ne coïncide pas toujours avec la consommation spontanée dans l'alimentation. Dans les essais, la quantité de 3 g par jour est apparue plusieurs fois comme référence opérationnelle [1][2][5][6]. Chez les patients atteints de diabète de type 2, par exemple, 3 g/j pendant 3 mois ont entraîné des réductions de la glycémie, de l'HbA_{1c}, de l'insuline et de l'HOMA-IR par rapport au placebo chez 41 patients, 22 dans le groupe gingembre et 19 dans le groupe placebo [1]. L'HbA_{1c}, c'est-à-dire l'hémoglobine glyquée, reflète la tendance moyenne de la glycémie au cours des semaines précédentes. L'HOMA-IR est un indice de résistance à l'insuline, il estime donc à quel point l'organisme répond difficilement à l'insuline. Une autre étude, toujours avec 3 g/j pendant 3 mois chez des adultes atteints de DT2, a observé des améliorations de la glycémie, de l'HbA_{1c}, de l'insuline, de la résistance à l'insuline, de la hs-CRP, de la PON-1, de la TAC et du MDA [2]. La hs-CRP est la protéine C-réactive à haute sensibilité, un indicateur d'inflammation systémique. La PON-1, ou paraoxonase-1, est une enzyme associée à la protection contre le stress oxydatif. La TAC, c'est-à-dire la capacité antioxydante totale, indique le potentiel global de défense contre les radicaux libres. Le MDA, ou malondialdéhyde, est un marqueur de peroxydation lipidique, il signale donc des dommages oxydatifs aux lipides. Ces données suggèrent un intérêt clinique surtout pour le contrôle métabolique

et oxydatif, mais ne définissent pas une dose universelle. Pour l'usage quotidien, il n'existe en effet pas de seuil unique, car les habitudes culinaires, la sensibilité individuelle et le contexte diététique varient beaucoup. Le message clé est que la continuité d'utilisation, si elle est souhaitée, compte plus que l'intensité occasionnelle, surtout lorsqu'il s'agit d'alimentation quotidienne. En d'autres termes, une utilisation modérée et régulière est plus réaliste qu'une utilisation sporadique et concentrée. Dans les parcours de prévention, cet aspect est également important pour ne pas surcharger l'alimentation avec des attentes non proportionnées aux données disponibles. La distinction entre usage alimentaire et usage complémentaire reste également importante. Le gingembre en cuisine fournit une quantité différente et moins standardisée de composés bioactifs par rapport aux capsules ou aux extraits, il ne doit donc pas être assimilé aux protocoles cliniques. Cela ne signifie pas qu'il est inutile, mais qu'il doit être considéré comme faisant partie d'un modèle alimentaire plus large, c'est-à-dire d'un ensemble cohérent de choix alimentaires. Il en va de même pour les boissons ou les infusions : elles peuvent être pratiques et bien acceptées, mais elles ne remplacent pas les études contrôlées. La littérature clinique et les revues suggèrent en effet que les effets sur le métabolisme, les lipides et l'inflammation apparaissent plus clairement lorsque le produit est bien caractérisé et pris régulièrement [4][11][24]. Pour ceux qui recherchent une orientation pratique, le meilleur critère est la cohérence avec l'alimentation personnelle, et non la recherche d'un effet immédiat [1][2][5][6][8]. En ce sens, l'utilisation alimentaire du gingembre doit être interprétée comme un soutien réaliste, et non comme une intervention isolée. Plus la consommation s'inscrit dans une alimentation globalement équilibrée, plus il est plausible qu'elle s'intègre aux bénéfices observés dans les essais sur le contrôle glycémique, le stress oxydatif et l'inflammation systémique. En résumé, la manière la plus correcte d'utiliser le gingembre dans la routine est de choisir la forme la plus gérable, de maintenir une quantité raisonnable et de ne pas lui attribuer des propriétés indépendantes du mode de vie. Le lien avec la sécurité est immédiat : plus la forme est concentrée, plus la nécessité d'évaluer la tolérabilité et le contexte individuel augmente [1][2][5][6]. Cette prudence est



particulièrement pertinente pendant la grossesse, où les recommandations institutionnelles considèrent le gingembre comme une option possible pour les nausées, mais toujours dans un cadre clinique approprié [34][35]. Même en dehors de la grossesse, la logique reste la même : utilisation simple, dose raisonnable, objectif clair et attention à la réponse personnelle. Ainsi, le gingembre devient un aliment fonctionnel plausible, et non un raccourci thérapeutique. Pour organiser l'utilisation quotidienne de manière correcte, il convient de considérer :

- les formes alimentaires et les différences d'utilisation ;
- les quantités indicatives et la fréquence de consommation ;
- les erreurs courantes dans la préparation domestique ;
- la compatibilité avec les habitudes et les objectifs nutritionnels ;
- la différence entre l'usage culinaire et les études cliniques [1][2][5][6][8].

Les deux questions pratiques sont simples : quelle forme utiliser et en quelle quantité. Les deux titres suivants traduisent ces aspects en choix quotidiens et en une utilisation plus proche des données cliniques.

8.1 Gingembre frais ou en poudre : différences pratiques et nutritionnelles

Entre le gingembre frais et le gingembre en poudre, la différence la plus importante, dans la vie réelle, est l'utilisation. Le frais se prête bien aux infusions, aux plats salés, aux sauces et aux préparations rapides ; la poudre, en revanche, est plus pratique lorsqu'une mesure reproductible est nécessaire et lorsque l'on souhaite se rapprocher des dosages étudiés dans les interventions cliniques. La stabilité change également : le séchage et la transformation modifient le profil des composés piquants, tels que les gingérols et les shogaols, et donc l'intensité perçue. Cela a des implications concrètes, car la biodisponibilité, c'est-à-dire la quantité de substance qui atteint réellement la circulation sanguine, et la constance de l'apport dépendent également de la matrice alimentaire et de la manière dont le produit est conservé. Pour le lecteur, cela signifie une chose simple : il n'existe pas de forme universellement meilleure, mais il existe une forme plus adaptée à

l'objectif. Si l'objectif est l'utilisation alimentaire quotidienne, le critère principal reste la praticité ; si l'objectif est de se confronter aux données expérimentales, la forme en poudre ou standardisée est plus proche des protocoles d'étude [43][44]. Dans cette perspective, la poudre facilite la répétition du geste nutritionnel, tandis que le frais offre une plus grande élasticité culinaire. Les deux options peuvent avoir du sens, à condition qu'elles soient intégrées de manière cohérente dans le contexte diététique et sans surestimer l'ampleur de l'effet.

8.2 Comment utiliser le gingembre dans l'alimentation quotidienne sans exagérer

Intégrer le gingembre dans l'alimentation quotidienne est particulièrement utile lorsque sa présence est constante et intégrée au régime alimentaire, et non occasionnelle et aléatoire. Dans les essais cliniques les plus cités, la quantité de référence était de 3 g/jour pendant 3 mois [1][2], tandis que dans une étude sur des adultes non diabétiques, 100 mL d'extrait aqueux, soit 0,2 g/100 mL, ont réduit l'iAUC et la Cmax du glucose [8]. L'iAUC, c'est-à-dire l'aire incrémentale sous la courbe, décrit l'augmentation globale de la glycémie après un repas ou une boisson. La Cmax est la concentration maximale atteinte par le glucose dans le sang. Ces chiffres aident à comprendre que la pratique domestique peut être cohérente avec la recherche, mais ne la remplace pas : en cuisine, en effet, les grammes réels consommés varient beaucoup en fonction des recettes, de la fréquence et des portions. De plus, la réponse individuelle peut changer en fonction de l'alimentation globale, de la présence d'autres sources de fibres et de la qualité du repas. C'est pourquoi le message le plus juste n'est pas « le plus de gingembre possible », mais « une utilisation régulière, réaliste et bien tolérée ». Dans une alimentation équilibrée, le gingembre peut accompagner les repas et les boissons sans devenir le centre de la stratégie alimentaire. L'objectif est de valoriser un aliment intéressant sur le plan fonctionnel, tout en maintenant des priorités claires : variété, équilibre énergétique et continuité des habitudes saines. Ainsi, son utilisation reste crédible, durable et compatible avec une prévention nutritionnelle de bon sens.



9. GINGEMBRE, SÉCURITÉ ET POPULATIONS À RISQUE

La sécurité du gingembre a été examinée avec une attention particulière pendant la grossesse, c'est-à-dire pendant la période où l'équilibre entre le bénéfice attendu et la prudence clinique devient plus délicat. Les lignes directrices de l'Organisation Mondiale de la Santé incluent le gingembre parmi les options recommandées pour soulager les nausées en début de grossesse, aux côtés d'autres possibilités, en fonction des préférences de la femme et des options disponibles [34]. La fiche professionnelle du NIH, cependant, souligne que pendant la grossesse, les produits botaniques, c'est-à-dire les produits d'origine végétale utilisés à des fins de santé, nécessitent de la prudence en raison de préoccupations potentielles en matière de sécurité [35]. Cette double référence est très utile, car elle montre un point d'équilibre précis : le gingembre peut avoir un rôle symptomatique dans certains contextes, mais cela ne le rend pas automatiquement approprié dans toutes les situations cliniques ou à toutes les doses [34][35]. En d'autres termes, l'efficacité potentielle n'élimine pas la nécessité d'évaluer l'exposition, la durée et la vulnérabilité de la patiente. En dehors de la grossesse, la tolérabilité dépend principalement de la sensibilité individuelle. En général, l'aliment est bien accepté, mais des concentrations élevées ou des extraits peuvent être associés à des troubles gastro-intestinaux, c'est-à-dire des gênes au niveau de l'estomac et de l'intestin, chez les sujets sensibles. La littérature sur les maladies inflammatoires et les processus intestinaux aide à contextualiser cette observation, car le gingembre interagit avec la barrière intestinale, c'est-à-dire le système de défense de la muqueuse, et avec l'inflammation mucosale, c'est-à-dire l'inflammation de la surface interne de l'intestin ; il est donc raisonnable de s'attendre à des différences de réponse en fonction de l'état initial [14][15]. La forme d'administration compte également : une utilisation alimentaire modérée n'équivaut pas à un supplément concentré. C'est pourquoi la perception de « naturalité » ne doit pas être confondue avec l'absence de risque. Sur le plan physiopathologique, c'est-à-dire du fonctionnement altéré des tissus et des organes, une muqueuse déjà irritée, un microbiote altéré ou une plus grande réactivité viscérale, c'est-à-dire de l'intestin et des organes internes, peuvent rendre plus

évidents des effets qui restent minimes ou absents chez d'autres sujets. Un autre élément important est la présence de thérapies concomitantes, c'est-à-dire de traitements pris pendant la même période, ou de conditions cliniques spécifiques. Bien que les informations disponibles dans cet article soient plus solides sur le plan métabolique et de la grossesse, le principe de prudence reste valable lorsque le gingembre est utilisé comme complément plutôt que comme simple épice. Dans toute situation à risque, la décision doit toujours être ramenée au contexte individuel. La sécurité ne contredit donc pas le bénéfice potentiel : elle le complète, car elle permet de comprendre où l'utilisation est plausible et où une plus grande prudence est nécessaire [34][35][14]. Ceci est particulièrement pertinent lorsque le gingembre est associé à des médicaments ou à des plans thérapeutiques complexes, dans lesquels même un effet modeste sur la tolérabilité ou le métabolisme peut avoir des répercussions cliniques non négligeables. Le message final est que le gingembre peut être utile, mais il doit être traité comme une substance biologiquement active, et non comme un ingrédient neutre. La distinction entre aliment quotidien, extrait et supplément est décisive pour lire correctement les données et les appliquer sans simplification. C'est de là que découle le lien avec le thème de la qualité des preuves, qui aide à distinguer le signal scientifique de l'attente répandue [34][35][14]. De plus, les mêmes propriétés antioxydantes et anti-inflammatoires qui soutiennent l'intérêt clinique du gingembre expliquent également pourquoi le profil de sécurité doit être interprété dans le contexte de la dose et de la vulnérabilité de l'hôte, et non comme une caractéristique abstraite et immuable. Les domaines à surveiller sont :

- tolérabilité digestive et effets indésirables possibles ;
- grossesse et populations sensibles ;
- interactions avec les thérapies ou les conditions préexistantes ;
- limites d'utilisation prolongée et de dosage ;
- nécessité de différencier l'usage alimentaire et l'usage complémentaire [34][35][14].

La sécurité du gingembre doit être évaluée en fonction de la dose, de la forme d'administration et de l'état clinique de la personne. Les deux cas les plus délicats sont la grossesse et l'utilisation d'extraits ou de compléments chez les sujets fragiles.



9.1 Le gingembre est-il mauvais pour la santé ? Quand peut-il causer des problèmes ?

Le gingembre n'est pas « problématique » en soi, mais il peut le devenir lorsque la dose augmente ou lorsque la personne présente une sensibilité digestive particulière. Brûlures d'estomac, nausées paradoxales, sensation de lourdeur ou gêne gastrique sont les effets les plus probables chez les sujets prédisposés, surtout si l'on passe d'une utilisation alimentaire à des préparations plus concentrées. Le point clinique n'est pas de diaboliser l'épice, mais plutôt de reconnaître qu'une substance active peut être bien tolérée par beaucoup et moins adaptée à d'autres. Cela est d'autant plus vrai lorsque la prise se fait sur des périodes prolongées ou sans raison précise. Dans une approche prudente, la présence de troubles gastro-intestinaux préexistants suggère de commencer par des quantités minimales et d'éviter les automatismes sur l'effet prétendument « naturel » et toujours inoffensif. Chez les patients souffrant d'inflammation intestinale ou d'une perméabilité mucoale accrue, c'est-à-dire un passage plus facile des substances à travers la muqueuse, le rapport entre bénéfice et tolérabilité peut changer rapidement, rendant utile une approche progressive et personnalisée. La variabilité entre les poudres, les extraits et les préparations maison contribue également à expliquer pourquoi il n'existe pas de réponse unique pour tous.

9.2 Le gingembre pendant la grossesse : sécurité, prudence et contexte

La grossesse est la population à risque la plus fréquemment discutée lorsqu'il s'agit de gingembre. Les lignes directrices de l'OMS l'incluent parmi les options pour soulager les nausées en début de grossesse, mais la fiche professionnelle du NIH rappelle que les produits botaniques pendant la grossesse méritent de la prudence [34][35]. Cela ne crée pas de contradiction : cela indique simplement qu'une utilité symptomatique possible n'élimine pas la nécessité d'évaluer au cas par cas. En pratique, la durée d'utilisation, la forme du produit et le tableau clinique général comptent, car la même quantité peut avoir une tolérance différente chez différentes personnes. Les nausées de grossesse proviennent

d'une combinaison de facteurs hormonaux, neurovégétatifs et gastro-intestinaux ; c'est pourquoi une intervention symptomatique peut être judicieuse, à condition qu'elle s'inscrive dans un parcours partagé. La référence aux options disponibles [34] aide à considérer le gingembre comme une possibilité parmi plusieurs outils, et non comme une mesure obligatoire. Pendant la grossesse, le gingembre doit donc être considéré comme une aide potentielle à intégrer dans une stratégie raisonnée, et non comme une solution automatique à prendre sans avis médical.

10. GINGEMBRE, PREUVES SCIENTIFIQUES ET QUESTIONS OUVERTES

La recherche sur le gingembre comprend des niveaux de preuve très différents, allant des modèles cellulaires aux essais cliniques, c'est-à-dire des études expérimentales menées sur l'homme. Par conséquent, l'interprétation doit être hiérarchique : les données de laboratoire aident à formuler des hypothèses biologiques, mais ne suffisent pas à démontrer des effets sur l'homme [11][13][16][19]. Les études cliniques, en revanche, offrent des informations plus proches de l'utilisation réelle, mais souvent avec des échantillons limités, une durée courte ou des critères d'inclusion hétérogènes. En pratique, le gingembre doit être considéré comme un nutraceutique, c'est-à-dire un aliment ou un extrait ayant une valeur physiologique potentielle, capable de donner des signaux cohérents dans certains domaines, et non comme une solution universelle. La valeur de cette partie réside précisément dans la mise en ordre, en évitant à la fois l'enthousiasme excessif et le scepticisme absolu. Les méta-analyses, c'est-à-dire les synthèses statistiques de plusieurs études, sont particulièrement utiles lorsque l'on veut savoir si un effet observé dans différentes recherches tend à se répéter. Dans le cas du gingembre, la méta-analyse de 2018 sur le DT2, c'est-à-dire le diabète de type 2, et les composants du syndrome métabolique a trouvé un signal favorable sur plusieurs paramètres métaboliques [9]. La revue systématique et méta-analyse sur les marqueurs inflammatoires a confirmé une réduction de la CRP, de la hs-CRP et du TNF- α , mais pas de l'IL-6 et de la sICAM [3]. Cet aspect est cliniquement pertinent, car il suggère une action sélective et non indiscriminée sur l'inflammation systémique. Une revue évaluée selon le système GRADE, c'est-à-dire évaluée avec le système



GRADE pour la qualité des preuves, et dose-réponse, c'est-à-dire également axée sur la relation entre la dose et l'effet, plus récente a renforcé l'attention sur les possibles effets antioxydants et anti-inflammatoires, tout en maintenant une lecture critique de la littérature [4]. La donnée la plus utile concerne la cohérence seulement partielle des preuves. Les ECR, c'est-à-dire les essais cliniques randomisés, sur le diabète de type 2, le syndrome métabolique, l'obésité et la stéatose hépatique non alcoolique (NAFLD), montrent souvent une direction favorable, mais l'ampleur de l'effet varie en fonction de la dose, de la durée et des caractéristiques des participants [1][2][5][6][32][9]. Dans une étude, par exemple, la supplémentation avec 3 g/j pendant 3 mois chez 41 patients atteints de DT2, 22 dans le groupe gingembre et 19 dans le groupe placebo, a réduit la glycémie, l'HbA_{1c}, l'insuline et l'HOMA-IR par rapport au placebo [1]. L'HbA_{1c}, c'est-à-dire l'hémoglobine glyquée, reflète la tendance moyenne de la glycémie au cours des semaines précédentes, tandis que l'HOMA-IR estime la résistance à l'insuline. Un autre essai, également avec 3 g/j pendant 3 mois chez des adultes atteints de DT2, a observé des améliorations de la glycémie, de l'HbA_{1c}, de l'insuline, de la résistance à l'insuline, de la hs-CRP, de la PON-1, de la TAC et de la MDA [2]. La hs-CRP est une protéine C-réactive à haute sensibilité, utile comme indicateur d'inflammation de bas grade ; la PON-1, c'est-à-dire la paraoxonase 1, est une enzyme associée à la protection contre l'oxydation des lipides ; la TAC, ou capacité antioxydante totale, mesure l'ensemble des défenses antioxydantes ; la MDA, c'est-à-dire le malondialdéhyde, est un marqueur de stress oxydatif. Ces données sont utiles car elles montrent un effet qui implique à la fois le contrôle glycémique et le profil oxydatif-inflammatoire. Dans le même temps, les résultats sur le poids et le profil métabolique chez les adultes en surpoids ou obèses restent plus variables, ce qui invite à ne pas généraliser au-delà des preuves disponibles [5][7]. Du point de vue physiopathologique, c'est-à-dire des mécanismes de la maladie, le rationnel est plausible. Les principaux composés bioactifs du rhizome, tels que les gingérols et les shogaols, peuvent influencer l'équilibre redox, c'est-à-dire l'équilibre entre les oxydants et les antioxydants, la signalisation insulinaire et certaines voies pro-inflammatoires [11][13][19]. Les données sur mTOR, un complexe

protéique qui régule la croissance et le métabolisme cellulaire, sur l'AMPK, une kinase qui fonctionne comme un capteur énergétique, et sur d'autres mécanismes cellulaires proviennent principalement de modèles expérimentaux et doivent être lues comme des bases biologiques, et non comme des confirmations cliniques directes [16][19][21][22][23]. En particulier, l'attention portée à l'AMPK est importante car cette kinase peut améliorer l'utilisation périphérique du glucose. De même, l'inhibition des voies liées à l'inflammation peut expliquer une partie du bénéfice observé sur des biomarqueurs comme la hs-CRP et le TNF- α [4][3]. La distinction entre plausibilité mécanistique et preuve clinique reste donc essentielle pour une lecture rigoureuse. C'est pourquoi le message final n'est ni élogieux ni réducteur. Le gingembre a une base scientifique large, avec des domaines solides et d'autres encore en cours de consolidation. La littérature suggère un intérêt potentiel comme support nutritionnel, surtout dans les contextes métaboliques, mais n'autorise pas les raccourcis interprétatifs [1][2][4][11][7][9][3]. La question n'est pas de savoir s'il "fonctionne" en absolu, mais plutôt dans quelles conditions, à quelle dose et pour quels critères d'évaluation cliniques, c'est-à-dire des résultats mesurables pertinents pour la santé. De là découle également la qualité du contenu pour ceux qui recherchent des informations fiables : le lecteur obtient un tableau utile précisément parce qu'il est distinct, gradué et bien contextualisé. Les questions éditoriales les plus importantes sont :

- ce que la science dit de manière cohérente ;
- le poids des méta-analyses et des essais cliniques ;
- quels résultats restent préliminaires ;
- quels mythes nécessitent une lecture prudente ;
- comment distinguer les mécanismes et les preuves chez l'homme [1][2][4][11][7][9][3].

Les preuves les plus fiables doivent être lues par niveaux : d'abord les synthèses d'études, puis les essais individuels, enfin les données mécanistiques. Cela permet de mieux comprendre ce qui est déjà étayé et ce qui reste à vérifier.



10.1 Ce que la science dit sur le gingembre : entre études cliniques et laboratoire

La recherche sur le gingembre comprend des niveaux de preuve très différents, des modèles cellulaires aux essais cliniques, c'est-à-dire des études expérimentales menées sur l'homme. Par conséquent, l'interprétation doit être hiérarchique : les données de laboratoire aident à formuler des hypothèses biologiques, mais ne suffisent pas à démontrer des effets sur l'homme [11][13][16][19]. Les études cliniques, en revanche, offrent des informations plus proches de l'utilisation réelle, mais souvent avec des échantillons limités, des durées courtes ou des protocoles hétérogènes. La revue sur la relation entre le gingembre et le stress oxydatif, c'est-à-dire l'ensemble des dommages produits par un excès d'espèces réactives, montre que certains effets antioxydants sont plausibles, mais doivent être lus dans le contexte de la qualité méthodologique des études individuelles [45]. Il est également important de rappeler que la biodisponibilité des composés actifs, c'est-à-dire la quantité qui atteint effectivement la circulation et les tissus, peut varier, tout comme la matrice alimentaire ou galénique utilisée. C'est pourquoi le signal biologique ne se traduit pas toujours par un effet clinique mesurable, surtout lorsque les critères d'évaluation sont complexes ou multifactoriels. L'intérêt de cette partie est de mettre de l'ordre, en évitant à la fois l'enthousiasme excessif et le scepticisme absolu.

10.2 Méta-analyse sur le gingembre : quels résultats sont les plus cohérents ?

Les méta-analyses, c'est-à-dire les synthèses statistiques de plusieurs études, sont particulièrement utiles lorsque l'on veut comprendre si un effet observé dans différentes recherches tend à se répéter. Dans le cas du gingembre, leur intérêt est élevé car les essais individuels peuvent produire des résultats partiels ou contradictoires. La synthèse de 2018 sur le DT2 et les composants du syndrome métabolique a trouvé une direction favorable pour certains paramètres métaboliques, malgré une variabilité entre les critères d'évaluation [9]. En pratique, cela signifie que le signal semble émerger surtout dans les domaines les plus directement liés à la régulation glycémique et au métabolisme énergétique. En parallèle, la revue

GRADE-assessed et dose-response a renforcé l'attention sur les possibles effets antioxydants et anti-inflammatoires, sans toutefois forcer de conclusions définitives [4]. La méta-analyse sur les marqueurs inflammatoires a ensuite confirmé une réduction de la CRP, de la hs-CRP et du TNF- α , mais pas de l'IL-6 et de la sICAM, signalant que la réponse biologique n'est pas uniforme [3]. Cet ensemble de résultats répond à un besoin d'information très fort : comprendre s'il existe un signal global ou seulement des effets isolés. C'est une recherche typique de ceux qui veulent aller au-delà de l'étude individuelle.



11. QUADRO COMPARATIVO E SINTESI DELLE EVIDENZE

Le tableau suivant résume de manière comparative les principaux concepts émergents de l'article, afin de relier les mécanismes biologiques, les applications cliniques et les aspects pratiques. Il est particulièrement utile pour distinguer ce qui relève du raisonnement moléculaire de ce qui découle d'études sur l'homme, évitant ainsi de confondre les différents niveaux de preuve.

Quadro comparativo

Thème	Ce qu'il indique	Principale limite
Glycémie et diabète de type 2	Soutien possible au contrôle glycémique	Résultats non homogènes entre les études
AMPK et mTOR	Modulation des signaux énergétiques cellulaires	Preuves principalement précliniques
Utilisation pratique et sécurité	La forme, la dose et la tolérabilité sont très importantes	La prudence est de mise pendant la grossesse et chez les sujets sensibles

Cette synthèse met en relation les études les plus représentatives présentes dans la bibliographie, afin de distinguer le signal global des différences entre les plans d'étude, les populations, les doses et les résultats.

Sintesi delle evidenze scientifiche

Année de publication	Domaine étudié	Ce qu'indiquent les études	Principale limite	Niveau de preuve
2026	Santé métabolique globale	les preuves indiquent une direction favorable sur plusieurs résultats cardiométaboliques	Synthèse de synthèses, dépendante des études incluses	Méta-analyse [24]
2025	Contrôle inflammatoire et oxydatif	les preuves indiquent une réduction de certains marqueurs inflammatoires et une amélioration du profil redox	Hétérogénéité entre les essais et les critères d'évaluation pas toujours concordants	Revue systématique [4]
2020	Marqueurs inflammatoires	les études suggèrent un effet sélectif sur la CRP, la hs-CRP et le TNF-α	Tous les marqueurs inflammatoires ne changent pas de manière significative	Méta-analyse [3]
2018	Diabète de type 2 et syndrome métabolique	les études suggèrent un soutien sur la glycémie et certains paramètres métaboliques	Échantillons pas toujours larges et protocoles différents	Méta-analyse [9]
2015	Sensibilité à l'insuline et métabolisme glucidique	les preuves indiquent une amélioration du transport du glucose dans les modèles cellulaires	Donnée préclinique, pas de confirmation clinique directe	Preuves préliminaires [19]
2021	Axe PI3K/Akt/mTOR	des effets anti-prolifératifs et de modulation de la signalisation ont été observés	Prédominance de modèles cellulaires ou animaux	Preuves préliminaires [16]

2023	Glycémie post-prandiale	les résultats ne sont pas uniformes, mais le signal semble cohérent vers une réduction des pics	Étude unique avec une population non diabétique	Essais cliniques [8]
2024	Insulino-résistance hépatique	les études suggèrent une amélioration du tableau métabolique dans le foie gras	Population spécifique et durée limitée	Essais cliniques [32]

12. SINTESI EDITORIALE E CONCLUSIONI

LECTURE ÉDITORIALE DES PREUVES

Dans l'ensemble, la bibliographie dépeint un scénario assez cohérent : le gingembre montre le signal le plus convaincant dans les troubles métaboliques, surtout lorsque la glycémie, l'insuline et l'inflammation de bas grade sont déjà altérées. Les données humaines ne décrivent pas un effet uniforme, mais indiquent une tendance répétée vers une amélioration de certains paramètres, avec un accent particulier sur le contrôle glycémique et sur certains marqueurs d'inflammation et de stress oxydatif, c'est-à-dire l'ensemble des altérations dues à un excès de radicaux libres. Les résultats de laboratoire renforcent la plausibilité biologique, car ils relient les composés de la racine à des réseaux cellulaires qui régulent l'énergie, la captation du glucose et la réponse au stress.

La littérature reste cependant hétérogène. Les différences de dose, de formulation, de durée et de caractéristiques des participants rendent difficile une lecture univoque. De plus, de nombreux mécanismes d'intérêt proviennent de modèles expérimentaux, de sorte que le passage à l'homme n'est pas automatique. Même lorsque les effets cliniques semblent favorables, l'ampleur du bénéfice varie et tous les critères d'évaluation ne vont pas dans la même direction. C'est pourquoi le tableau doit être interprété comme prometteur mais encore partiel, surtout lorsqu'on passe des biomarqueurs, c'est-à-dire des paramètres de laboratoire, à la pertinence clinique à long terme.

NOTE CRITIQUE FINALE

Les données globales sont intéressantes, mais la solidité des preuves n'est pas homogène. La partie la plus convaincante concerne les résultats métaboliques humains, où plusieurs essais et synthèses

systématiques convergent sur la glycémie, la sensibilité à l'insuline et certains marqueurs inflammatoires, c'est-à-dire des indicateurs mesurables d'un processus biologique. Là encore, cependant, l'effet n'est pas toujours identique : la taille de l'échantillon, la durée des interventions, la forme d'administration et la qualité méthodologique des études varient. Cela limite la possibilité de définir un profil standard et universellement reproductible. La lecture des mécanismes intracellulaires, c'est-à-dire des processus qui se déroulent à l'intérieur de la cellule, est encore plus délicate. L'AMPK, mTOR, GLUT4 et les autres voies citées représentent une justification biologique cohérente, mais la plupart des données proviennent de modèles cellulaires ou animaux. En d'autres termes, le fait qu'un composé agisse en laboratoire ne signifie pas qu'il produira le même résultat clinique chez l'homme, avec la même intensité et dans le même contexte. Le passage de la biologie expérimentale à la pratique reste donc le point le plus fragile de l'ensemble de la littérature. Un deuxième point critique concerne la variabilité des formulations et des doses. Le gingembre frais, la poudre, les extraits et les gélules ne sont pas équivalents, ce qui rend difficile la comparaison des résultats. La biodisponibilité des principes actifs, c'est-à-dire la quantité qui atteint effectivement la circulation, peut également varier considérablement en fonction de la matrice alimentaire et des méthodes de préparation. La sécurité doit également être examinée attentivement : pendant la grossesse, il existe des références favorables, mais la prudence reste de mise ; chez les personnes sensibles ou sous traitement concomitant, le profil de tolérance peut changer. En résumé, le signal est réel, mais la littérature reste fragmentée et nécessite des confirmations supplémentaires avec des études plus vastes, plus longues et mieux standardisées.



CONCLUSIONS ET RÉSUMÉ ÉDITORIAL

Le gingembre occupe une position particulière dans la littérature nutritionnelle, car il combine un usage traditionnel très répandu avec une base expérimentale vaste, mais pas toujours homogène. Dans l'ensemble, les données disponibles suggèrent que son intérêt principal concerne les troubles cardiométaboliques, c'est-à-dire les conditions où le métabolisme, le cœur et les vaisseaux sont impliqués ensemble, et où la glycémie, l'insuline, l'inflammation et le stress oxydatif sont étroitement liés. Ici, le gingembre apparaît comme un adjuvant possible, c'est-à-dire un soutien supplémentaire, capable de s'intégrer dans une stratégie alimentaire plus large et d'interagir avec les axes qui régulent le métabolisme énergétique. Ce tableau est renforcé par les études sur les composés bioactifs, qui impliquent l'AMPK, mTOR, GLUT4, le transporteur du glucose dans les cellules, et d'autres voies de signalisation liées à l'utilisation du glucose et à la qualité de la réponse cellulaire. Cependant, cette lecture doit rester rigoureuse. Les preuves chez l'homme sont positives dans divers contextes, mais non uniformes ; de plus, bon nombre des explications les plus élégantes proviennent de modèles précliniques, c'est-à-dire d'études sur des cellules ou des animaux. Cela signifie que la valeur du gingembre ne réside pas dans un effet absolu, identique pour tous, mais dans la possibilité de contribuer de manière ciblée lorsqu'un terrain métabolique défavorable existe déjà. En pratique, son profil est plus convaincant chez les sujets atteints de résistance à l'insuline, de diabète de type 2, de syndrome métabolique ou d'autres tableaux où le contrôle énergétique est compromis. En même temps, la sécurité et la tolérabilité restent une partie intégrante de l'évaluation, surtout pendant la grossesse et chez les personnes plus sensibles. D'un point de vue éditorial, ce sujet s'inscrit bien dans une discussion plus large sur la nutrition fonctionnelle et la prévention : non pas comme un raccourci, mais comme une lecture critique d'un aliment qui a un potentiel biologique réel. La valeur d'une synthèse comme celle-ci est précisément d'aider le lecteur à distinguer entre la plausibilité mécanistique, les résultats cliniques et l'usage quotidien. Le gingembre ne remplace pas les interventions standard, mais peut être compris comme faisant partie d'une physiologie plus large, où le métabolisme, la réponse inflammatoire et la qualité de

l'alimentation s'influencent mutuellement. C'est pourquoi il reste un sujet utile même au-delà de l'article individuel, car il ouvre naturellement la discussion sur d'autres aliments et composés bioactifs ayant un rôle dans l'équilibre métabolique et la prévention nutritionnelle.

Aggiornato al 12/09/2026. Questo contenuto riflette una sintesi divulgativa delle evidenze scientifiche al momento della pubblicazione e non sostituisce il parere medico.

13. TRANSPARENCE ET RESPONSABILITÉ SCIENTIFIQUE

L'Intelligence Artificielle a été utilisée exclusivement comme outil de soutien éditorial et documentaire. L'ensemble des contenus, des interprétations, des références bibliographiques et des conclusions a été vérifié, révisé et approuvé par l'auteur, qui en assume l'entière responsabilité scientifique.

Le manuscrit a en outre fait l'objet d'une évaluation par les pairs (peer review) indépendante avant sa publication.

Afin de garantir une transparence maximale, l'historique complet de l'article, comprenant les dates de soumission, de révision, d'acceptation et de publication, ainsi que les informations sur le processus d'évaluation par les pairs, est disponible sur la page dédiée à l'Histoire de l'article.

14. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] The effect of ginger powder supplementation on insulin resistance and glycemic indices in patients with type 2 diabetes: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial
Mozaffari-Khosravi H et al., 2014
Complementary Therapies in Medicine
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ctim.2013.12.017>
- [2] The effect of ginger (*Zingiber officinale*) on glycemic markers in patients with type 2 diabetes
Arablou T et al., 2015
Journal of Complementary and Integrative Medicine
DOI: <https://doi.org/10.1515/jcim-2014-0021>
- [3] Effect of ginger (*Zingiber officinale*) on inflammatory markers: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials
Morvaridzadeh et al., 2020
Cytokine
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cyt.2020.155224>



- [4] Antioxidant and anti-inflammatory effects of ginger supplementation in adults: a GRADE-assessed systematic review and dose–response meta-analysis of randomised controlled trials
Rjabi et al., 2025
Inflammopharmacology
DOI: <https://doi.org/10.1007/s10787-025-01994-6>
- [5] Effects of Ginger Supplementation on Anthropometric, Glycemic and Metabolic Parameters in Subjects with Metabolic Syndrome: A Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled Trial
Rahimlou M et al., 2019
Journal of Diabetes & Metabolic Disorders. 2019;18(1):119-125.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s40200-019-00389-8>
- [6] Effects of ginger powder supplementation on glycemic status and lipid profile in newly diagnosed obese patients with type 2 diabetes mellitus
El Gayar et al., 2019
Obesity Medicine
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.obmed.2019.100094>
- [7] The effects of ginger intake on weight loss and metabolic profiles among overweight and obese subjects: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials
Maharlouei et al., 2019
Critical Reviews in Food Science and Nutrition
DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1427044>
- [8] The Effect of Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) Aqueous Extract on Postprandial Glycemia in Nondiabetic Adults: A Randomized Controlled Trial
Diakos et al., 2023
Foods
DOI: <https://doi.org/10.3390/foods12051037>
- [9] Effects of Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) on Type 2 Diabetes Mellitus and Components of the Metabolic Syndrome: A Systematic Review and Meta Analysis of Randomized Controlled Trials
Zhu et al., 2018
Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine
DOI: <https://doi.org/10.1155/2018/5692962>
- [10] Effect of Ginger on Inflammatory Diseases
Ballester et al., 2022
Molecules
DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules27217223>
- [11] A recent update on the multifaceted health benefits associated with ginger and its bioactive components
Ma et al., 2021
Food & Function
DOI: <https://doi.org/10.1039/d0fo02834g>
- [12] Gingers and Their Purified Components as Cancer Chemopreventative Agents
Lechner et al., 2019
Molecules
DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules24162859>
- [13] Pharmacodynamic components and mechanisms of ginger (*Zingiber officinale*) in the prevention and treatment of colorectal cancer
Xiang et al., 2024
Journal of Ethnopharmacology
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2024.117733>
- [14] Ginger and its constituents: Role in treatment of inflammatory bowel disease
Lashgari et al., 2022
BioFactors
DOI: <https://doi.org/10.1002/biof.1808>
- [15] The ginger component 6-shogaol prevents TNF- α -induced barrier loss via inhibition of PI3K/Akt and NF- κ B signaling
Luettig et al., 2016
Molecular Nutrition & Food Research
DOI: <https://doi.org/10.1002/mnfr.201600274>
- [16] 6-Shogaol from ginger shows anti-tumor effect in cervical carcinoma via PI3K/Akt/mTOR pathway
Pei et al., 2021
European Journal of Nutrition
DOI: <https://doi.org/10.1007/s00394-020-02440-9>
- [17] Review of the anticancer properties of 6 shogaol: Mechanisms of action in cancer cells and future research opportunities
Figueroa González et al., 2024
Food Science & Nutrition
DOI: <https://doi.org/10.1002/fsn3.4129>



- [18] Anticancer effects of 6-shogaol via the AKT signaling pathway in oral squamous cell carcinoma
HUANG et al., 2021
Journal of Applied Oral Science
DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-7757-2021-0209>
- [19] [11] Gingerol Affects Glucose Metabolism by Dual Regulation via the AMPK α 2 Mediated AS160–Rab5 Pathway and AMPK Mediated Insulin Sensitizing Effects
Lee et al., 2015
Journal of Cellular Biochemistry
DOI: <https://doi.org/10.1002/jcb.25100>
- [20] 6 Gingerol Improves Ectopic Lipid Accumulation, Mitochondrial Dysfunction, and Insulin Resistance in Skeletal Muscle of Ageing Rats: Dual Stimulation of the AMPK/PGC-1 α Signaling Pathway via Plasma Adiponectin and Muscular AdipoR1
Liu et al., 2019
Molecular Nutrition & Food Research
DOI: <https://doi.org/10.1002/mnfr.201800649>
- [21] Effect of 6-gingerol on AMPK- NF- κ B axis in high fat diet fed rats
Hashem et al., 2017
Biomedicine & Pharmacotherapy
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2017.01.035>
- [22] A mixture of ginger phenolic compounds enhances mitochondrial function, activates AMPK, and reduces lipid accumulation in adipocytes
Preciado-Ortiz et al., 2025
PLOS One
DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0326690>
- [23] 6-Gingerol Ameliorates Hepatic Steatosis, Inflammation and Oxidative Stress in High-Fat Diet-Fed Mice through Activating LKB1/AMPK Signaling
Liu et al., 2023
International Journal of Molecular Sciences
DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms24076285>
- [24] Ginger Supplementation and Metabolic Health: An Umbrella Review of Meta-Analyses of Randomized Studies
Vahid Musazadeh et al., 2026
Diabetology & Metabolic Syndrome, 2026
DOI: <https://doi.org/10.1186/s13098-026-02150-y>
- [25] Role of Ginger and Its Bioactive Components in Type 2 Diabetes Mellitus
Mohamed Essa et al., 2026
Current Pharmaceutical Design, 2026
DOI: <https://doi.org/10.2174/0113816128352233250127112920>
- [26] Ginger: A Nutraceutical Supplement for Protection Against Various Cardiovascular Diseases in Clinical Trials
Mohammadabadi et al., 2025
Cureus
DOI: <https://doi.org/10.7759/cureus.80841>
- [27] <p>Ginger Extract Increases GLUT-4 Expression Preferentially Through AMPK Than PI3K Signalling Pathways in C2C12 Muscle Cells</p>
Tajik Kord et al., 2020
Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity: Targets and Therapy
DOI: <https://doi.org/10.2147/dms0.s260224>
- [28] Kun-Dan Decoction Ameliorates Insulin Resistance by Activating AMPK/mTOR-Mediated Autophagy in High-Fat Diet-Fed Rats
Su et al., 2021
Frontiers in Pharmacology
DOI: <https://doi.org/10.3389/fphar.2021.670151>
- [29] Attenuation of Free Fatty Acid-Induced Skeletal Muscle Insulin Resistance by Resveratrol Is Linked to Activation of AMPK and Inhibition of mTOR and p70 S6K
Den Hartogh DJ et al., 2020
International Journal of Molecular Sciences, 2020, 21(14):4900.
DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms21144900>



- [30] Humanin attenuates palmitate-induced hepatic lipid accumulation and insulin resistance via AMPK-mediated suppression of the mTOR pathway
Kwon et al., 2020
Biochemical and Biophysical Research Communications
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2020.03.128>
- [31] Rosemary extract activates AMPK, inhibits mTOR and attenuates the high glucose and high insulin-induced muscle cell insulin resistance
Shamshoum et al., 2021
Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism
DOI: <https://doi.org/10.1139/apnm-2020-0592>
- [32] The Effects of Ginger (Zingiber Officinale Roscoe) on Non-Alcoholic Fatty Liver Disease in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus: A Randomized Double-Blinded Placebo-Controlled Clinical Trial
Ghoreishi et al., 2024
Journal of Dietary Supplements
DOI: <https://doi.org/10.1080/19390211.2023.2263788>
- [33] Effect of Ginger on Blood Glucose Level of Women with Gestational Diabetes Mellitus (GDM) with Impaired Glucose Tolerance Test (GTT): A Randomized Double-Blind Placebo-Controlled Trial
Fariba Hajimoosayi et al., 2020
BMC Complementary Medicine and Therapies, 2020, 20(1):116
DOI: <https://doi.org/10.1186/s12906-020-02908-5>
- [34] WHO recommendations on maternal health: guidelines approved by the WHO Guidelines Review Committee
2024
WHO
DOI:
<https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/380666/9789240080591-eng.pdf?sequence=1>
- [35] Dietary Supplements and Life Stages: Pregnancy - Health Professional Fact Sheet
2024
NIH
DOI:
<https://ods.od.nih.gov/factsheets/Pregnancy-HealthProfessional/>
- [36] Insulin signalling and GLUT4 trafficking in insulin resistance
van Gerwen et al., 2023
Biochemical Society Transactions
DOI: <https://doi.org/10.1042/bst20221066>
- [37] Evidence in Support of the Hypothesis that Defects in Skeletal Muscle GLUT4 Glucose Transporter Translocation Are a Cause of Human Insulin Resistance
Garvey WT et al., 1998
Journal of Clinical Investigation, 1998, 101(11):2377-2386.
DOI: <https://doi.org/10.1172/jci1557>
- [38] GLUT4 Trafficking and Storage Vesicles: Molecular Architecture, Regulatory Networks, and Their Disruption in Insulin Resistance
Drobiova et al., 2025
International Journal of Molecular Sciences
DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms26157568>
- [39] Glucosamine induces insulin resistance in vivo by affecting GLUT 4 translocation in skeletal muscle. Implications for glucose toxicity.
Baron et al., 1995
Journal of Clinical Investigation
DOI: <https://doi.org/10.1172/jci118349>
- [40] Analysis of Multiple Insulin Actions in Single Insulin-Resistant Mouse Muscle Fibres Reveals a Selective Defect in Endogenous GLUT4 Translocation
Judge S et al., 2025
Diabetes, 2025, 74(7):1121-1134.
DOI: <https://doi.org/10.2337/db25-0022>
- [41] AMPK-Mediated AS160 Phosphorylation in Skeletal Muscle Is Dependent on AMPK Catalytic and Regulatory Subunits
Treebak JT et al., 2006
Diabetes, 2006, 55(7):2051-2058.
DOI: <https://doi.org/10.2337/db06-0175>
- [42] AMPK and Beyond: The Signaling Network Controlling RabGAPs and Contraction-Mediated Glucose Uptake in Skeletal Muscle
Peifer-Weiß L et al., 2024
International Journal of Molecular Sciences, 2024, 25(3):1910.
DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms25031910>



- [43] Effect of ginger (*Zingiber officinale*) supplementation on oxidative stress parameters: A systematic review and meta analysis
Morvaridzadeh et al., 2021
Journal of Food Biochemistry
DOI: <https://doi.org/10.1111/jfbc.13612>
- [44] Potential Role of Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) in the Prevention of Neurodegenerative Diseases
Arcusa et al., 2022
Frontiers in Nutrition
DOI: <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.809621>
- [45] The effect of zingiber officinale on prooxidant-antioxidant balance and glycemic control in diabetic patients with ESRD undergoing hemodialysis: a double-blind randomized control trial
Rostamkhani et al., 2023
BMC Complementary Medicine and Therapies
DOI: <https://doi.org/10.1186/s12906-023-03874-4>
- [46] Research progress of ginger in the treatment of gastrointestinal tumors
Chen et al., 2023
World Journal of Gastrointestinal Oncology
DOI: <https://doi.org/10.4251/wjgo.v15.i11.1835>
- [47] Dihydromyricetin improves skeletal muscle insulin resistance by inducing autophagy via the AMPK signaling pathway
Shi L et al., 2015
Molecular and Cellular Endocrinology, 2015, 409:92-102.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mce.2015.03.009>
- [48] Muscle Cell Insulin Resistance Is Attenuated by Rosmarinic Acid: Elucidating the Mechanisms Involved
Den Hartogh et al., 2023
International Journal of Molecular Sciences
DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms24065094>
- [49] A Bioactive Compound of *Portulaca oleracea* L., HM-Chromanone, Ameliorates Palmitate-Induced Insulin Resistance by Inhibiting mTOR/S6K1 through Activation of AMPK Pathway in Skeletal Muscle Cells
Park JE et al., 2022
Toxicology Research, 2022, 11(5):774-783.
DOI: <https://doi.org/10.1093/toxres/tfac055>
- [50] Rosmarinic Acid, a Rosemary Extract Polyphenol, Increases Skeletal Muscle Cell Glucose Uptake and Activates AMPK
Vlavcheski F et al., 2017
Molecules, 2017, 22(10):1669.
DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules22101669>
- [51] Maternal Broccoli Powder Intake Improves Insulin Resistance and Inflammation through the AMPK/mTOR Pathway in the Liver of Adult Male Offspring Exposed to Maternal Protein Restriction and Fructose Feeding
Karmacharya A et al., 2024
Molecular Nutrition & Food Research, 2024, 68(22):e2400472.
DOI: <https://doi.org/10.1002/mnfr.202400472>
- [52] Role of AMP-Activated Protein Kinase for Regulating Post-exercise Insulin Sensitivity
Kjøbsted et al., 2016
Experientia Supplementum
DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-43589-3_5
- [53] AMPK activation by prolonged stimulation with interleukin 1 β contributes to the promotion of GLUT4 translocation in skeletal muscle cells
Takaguri et al., 2016
Cell Biology International
DOI: <https://doi.org/10.1002/cbin.10673>
- [54] Karanjin from *Pongamia pinnata* Induces GLUT4 Translocation in Skeletal Muscle Cells in a PI3K-Independent Manner
Jaiswal N et al., 2011
European Journal of Pharmacology, 2011, 670(1):22-28.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2011.08.049>



- [55] **AMPK/AS160 Mediates Tiliroside Derivatives-Stimulated GLUT4 Translocation in Muscle Cells**
Zhang C et al., 2018
Drug Design, Development and Therapy, 2018, 12:1581-1587.
DOI: <https://doi.org/10.2147/dddt.s164441>
- [56] **Carnosol Increases Skeletal Muscle Cell Glucose Uptake via AMPK-Dependent GLUT4 Glucose Transporter Translocation**
Vlavcheski et al., 2018
International Journal of Molecular Sciences
DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms19051321>
- [57] **Epigallocatechin gallate induces GLUT4 translocation in skeletal muscle through both PI3K- and AMPK-dependent pathways**
Ueda-Wakagi et al., 2018
Food & Function
DOI: <https://doi.org/10.1039/c8fo00807h>
- [58] **PAK4 Phosphorylates and Inhibits AMPKα to Control Glucose Uptake**
Wu D et al., 2024
Nature Communications, 2024, 15:6858.
DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-024-51240-w>
- [59] **Protective Effects of 6-Gingerol on Cardiotoxicity Induced by Arsenic Trioxide Through AMPK/SIRT1/PGC-1α Signaling Pathway**
Han et al., 2022
Frontiers in Pharmacology
DOI: <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.868393>