


---

Artigo de Revisão

**Amido resistente: alternativa de alimento funcional para a homeostase da glicose, redução do perfil lipídico e modulação da microbiota intestinal**

Resistant Starch: Functional Food Alternative to Glucose Homeostasis, Decrease of Fat Profile and Gut Microbiota Modulation

Almidón Resistente: Alternativa de Alimento Funcional para la Homeostasis de la Glucosa, Reducción del Perfil Lipídico y Modulación de la Microbiota Intestinal

 <http://dx.doi.org/10.18316/sdh.v8i2.5180>

---

Andressa Neuhaus Ferronato<sup>1\*</sup>, Rochele Cassanta Rossi<sup>1</sup>, Fernanda Cappellari<sup>1</sup>.

**RESUMO**

**Introdução:** O amido resistente (AR) é uma fibra solúvel não viscosa e fermentável, definida como a porção de amido que não pode ser digerida por amilases do intestino delgado e, ao chegar no cólon intestinal é fermentado pela microbiota intestinal. Possui propriedades funcionais devido aos seus impactos na glicemia, perfil lipídico, aumento da saciedade e saúde gastrointestinal.

**Objetivo:** compilar estudos que apontam os efeitos do amido resistente no organismo, discutindo os diferentes resultados obtidos sobre o AR nos ensaios clínicos e pré-clínicos, demonstrando seu impacto na saúde humana. **Materiais e métodos:** foram reunidos 30 artigos científicos, entre eles, estudos clínicos, experimentais e revisões literárias, a partir das bases de dados PubMed, Scielo, Portal de Periódicos CAPES, Google Acadêmico e ScienceDirect, tendo como critério de busca artigos que foram publicados a partir do ano de 2013. **Resultados:** foram encontrados

impactos da ingestão de amido resistente na redução da resposta glicêmica, perda de peso vinculada ao aumento da saciedade, melhora do perfil lipídico e melhora da microbiota intestinal devido ao seu potencial em aumentar a produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) como um prebiótico. **Conclusões:** conclui-se que o amido resistente possui implicações fisiológicas e metabólicas no organismo humano, podendo ser amplamente utilizado como um ingrediente funcional.

**Palavras-chave:** Amido Resistente; Ingrediente Funcional; Saciedade; Homeostase da Glicose; Microbiota Intestinal.

**ABSTRACT**

**Introduction:** the resistant starch (RS) is a non-viscous and fermentable soluble fiber which is classified as the portion of starch that cannot be digested by small intestine amylases and upon reaching the intestinal colon is fermented by gut microbiota. RS has functional properties due to its impacts on blood glucose, lipid profile, satiety increase and gastrointestinal health. **Objective:** compiling studies which aim the effects of resistant starch in body, discussing the different results obtained about RS in clinical and preclinical trials, demonstrating how it's impact on human health. **Materials and methods:** 30 articles were collected and among them experimental and clinical studies and reviews. It was obtained by PubMed, Scielo, Portal de Periódicos CAPES, Google Scholar and ScienceDirect data which has been published since 2013 as a search criteria. **Results:** impacts were

---

<sup>1</sup> Instituto Tecnológico em Alimentos para a Saúde, Universidade do Vale do Rio dos Sinos.

\*Autor correspondente: Av. Unisinos, 950, São Leopoldo, Brasil. CEP: 93020-190.

E-mail: [andressaferronato93@gmail.com](mailto:andressaferronato93@gmail.com)

Submetido: 15/10/2018

Aceito: 26/02/2020

found in resistant starch consumption regarding decrease of glycemic response, weight loss linked to increase of satiety, fat profile and gut microbiota improvement due to its potential to increase short chain fatty acid (SCFA) production as a prebiotic.

**Conclusion:** resistant starch has physiological and metabolic implications in human organism which may be widely used as a functional ingredient.

**Keywords:** Resistant Starch; Functional Ingredient; Satiety; Glucose Homeostasis; Gut Microbiota.

## INTRODUÇÃO

Com o crescente e rápido acesso à informação, as tendências mercadológicas nos setores de alimentação apontam para uma crescente busca por alimentos mais saudáveis e que tragam benefícios nutricionais à saúde. Os consumidores têm demonstrado cada vez mais interesse pela informação nutricional e pelo impacto saúde-doença dos alimentos que consomem.

É neste cenário, então, que os conceitos sobre alimentos naturais, orgânicos, funcionais e de rotulagem limpa começam a ser desenvolvidos e empregados com maior ênfase à população, tendo como objetivo disseminar informações que interfiram nas escolhas de compra do consumidor<sup>1</sup>.

Os amidos resistentes têm atraído a atenção e interesse devido aos seus benefícios nutricionais, sendo caracterizado como um alimento funcional quando consumido em quantidades e frequência adequadas<sup>2</sup>. O amido resistente (AR) é uma fibra solúvel não viscosa e fermentável, definida como a porção de amido que não pode ser digerida por amilases do intestino delgado e, ao chegar no cólon intestinal, é fermentado pela microbiota intestinal. Possui propriedades funcionais devido aos seus impactos na glicemia, perfil lipídico, aumento da saciedade e saúde gastrointestinal.

Assim como as fibras, o AR contribui de forma importante para a diminuição do índice glicêmico (IG) dos alimentos, e conseqüentemente, proporcionando uma melhor resposta glicêmica e insulínica no metabolismo humano, sendo relevante principalmente para pacientes diabéticos<sup>3</sup>.

Além dos seus benefícios referente à glicemia pós-prandial, o amido resistente também tem sido estudado devido aos seus efeitos fisiológicos

relacionados à tolerância à glicose, diminuição de níveis séricos de colesterol e triglicérides, contribuindo também para a prevenção de doenças cardiovasculares<sup>2</sup>. Diversos estudos também atribuíram ao AR o aumento da saciedade e absorção de micronutrientes, assim como sua atuação como um prebiótico, promovendo também saúde gastrointestinal<sup>4</sup>.

Por estar presente naturalmente nos alimentos, o AR pode ser encontrado em alimentos como grãos, batata crua, banana verde, ou até mesmo em alimentos retrogradados, como a casca de pão e a batata cozida resfriada<sup>1</sup>. A farinha de banana verde apresenta maiores teores de amido resistente quando comparado com a banana madura, tratando-se de um alimento com alto teor de amido e baixo teor de açúcares e compostos aromáticos. Devido à polpa da banana verde não apresentar sabor, ela tem ganhado espaço em diferentes tipos preparações, inclusive como um substituto de alimentos ricos em glúten<sup>5</sup>.

Desta forma, o presente artigo tem por objetivo reunir diversos estudos sobre o amido resistente, buscando obter um maior entendimento sobre suas implicações metabólicas e fisiológicas no organismo humano e seu potencial como um ingrediente funcional.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A revisão integrativa da literatura científica ocorreu mediante a busca eletrônica de artigos encontrados nas bases de dados: PubMed, Scielo, Portal de Periódicos CAPES, Google Acadêmico e ScienceDirect. Como critério de busca, foram selecionados artigos a partir do ano de 2013, sendo as referências mais antigas aquelas que foram referenciadas pelos autores dos artigos científicos selecionados para esta revisão literária. As palavras-chave utilizadas foram “amido resistente”, “resistant starch”, “resistant starch and health”, “resistant starch and diseases” e “resistant starch and gut microbiota”, sendo selecionado somente artigos escritos em português e/ ou inglês.

Após o enquadramento das publicações, foram extraídos os dados pertinentes à esta pesquisa, compilando informações referente ao amido resistente e suas implicações, visando sua aplicabilidade como um alimento funcional no metabolismo humano.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através da busca eletrônica de artigos encontrados nas bases de dados PubMed, Scielo, Portal de Periódicos CAPES, Google Acadêmico e ScienceDirect, foram selecionados 30 artigos para esta revisão, entre eles, estudos clínicos, experimentais e revisões literárias.

### 1 Caracterização do Amido Resistente

Estruturalmente, o amido é um polímero de glicose, composto por cadeias de amilose e amilopectina. Ambas são formadas por ligações glicosídicas (unidades de glicose unidas). Porém, sua diferenciação encontra-se na estrutura de sua cadeia: amilose é formada por cadeias lineares, enquanto a amilopectina apresenta cadeias ramificadas<sup>6</sup>. A proporção de amilose a amilopectina varia conforme localização e origem botânica desse amido. Em sua maioria, os amidos são formados por 200 a 250g amilose/kg. Todavia, existem alguns cereais como o milho, cevada e arroz, que contêm pouquíssima amilose (<1%)<sup>4</sup>.

O amido pode ser classificado de acordo com a sua velocidade de digestão. O amido rapidamente digerível (ARD) é aquele que, ao ser submetido à amilase pancreática e amiloglicosidade em temperatura de 37°C, é convertido completamente em glicose em até 20 minutos. O amido lentamente digerível (ALD), nas mesmas condições anteriores, é completamente digerível em até 120 minutos. Já o amido resistente (AR) é aquele que resiste por mais de 120 minutos para que ocorra sua completa degradação em glicose<sup>7</sup>.

O termo AR foi inicialmente estudado e sugerido por Englyst et al.<sup>7</sup>, onde observaram

que alguns amidos permaneciam intactos após a atuação da hidrólise enzimática. Estudos seguintes verificaram, através de ileostomia, a presença de AR no intestino grosso, sendo relacionado então aos efeitos biológicos / fermentativos, e não como um fornecedor de glicose ao organismo<sup>8</sup>. Devido à sua caracterização química e efeitos fisiológicos, o amido resistente passou a ser quantificado e qualificado como uma fibra alimentar (Tabela 1)<sup>4</sup>.

Quanto à sua classificação, existem 5 tipos: AR1, AR2, AR3, AR4 e AR5. O tipo AR1 representa o grânulo intacto, devido à presença de parede celular e proteínas. Pertencem a este grupo os grãos inteiros ou parcialmente moídos, obtidos através dos cereais e leguminosas. O AR2 representa os grânulos com lenta digestibilidade, os únicos que mantêm sua estrutura e resistem mesmo durante os diferentes processos de preparação de alimentos. Estão incluídos nesse grupo batatas cruas, amidos com alto teor de amilose e principalmente, a banana verde. O AR3 consiste em polímeros de amido retrodegradado, os quais são produzidos quando o amido é resfriado após a gelatinização. O AR4 consiste em um grupo de amido modificado quimicamente através de ésteres, fosfatos e éteres, diminuindo sua digestibilidade no intestino delgado<sup>9</sup>. Para o AR5, dois tipos diferentes de componentes têm sido atribuídos: o primeiro compreende em complexos amilose-lipídeos, o qual é formado durante o processamento e melhorado após a cocção ou pode ser artificialmente criado. O segundo compreende em maltodextrina resistente, o qual é processado principalmente para reorganizar as moléculas de amido. Todavia, a maioria dos autores descreve o AR5 como um complexo amilose-lipídeos<sup>10</sup>. Na tabela abaixo, estão as propriedades nutricionais do amido resistente e fibras solúvel e insolúvel.

**Tabela 1.** Propriedades funcionais do amido resistente e fibras solúveis e insolúveis

Propriedades nutricionais	Amido resistente	Fibra solúvel	Fibra insolúvel
Insolúvel em água	+	-	+
Fermentabilidade	+++	+++	-
Produção de AGCC	+++	+++	-
Aumento da produção de butirato	+++	++	-
Redução do pH fecal	+++	+++	-
Aumento da umidade fecal	++	++	+
Aumento da massa fecal (seca)	+++	+	+++
Redução do tempo de trânsito fecal	++	-	+++

Fonte: REIS et al., 2017.

Os amidos resistentes têm sido amplamente estudados por interferirem em diversos fatores metabólicos e fisiológicos, tais como: melhora no perfil lipídico, resposta glicêmica e insulinêmica; aumento da saciedade e absorção de micronutrientes, colaborando para a perda de peso; atua como um prebiótico, estimulando o crescimento e a atividade das bactérias probióticas e assim, melhorando a saúde gastrointestinal<sup>8,9</sup>.

## 2 Resposta glicêmica, insulinêmica e saciedade

Assim como as fibras, o AR contribui para a diminuição do Índice Glicêmico (IG) dos alimentos, proporcionando menor resposta glicêmica, e conseqüentemente, menor resposta insulinêmica, podendo ser uma opção relevante para pacientes com diabetes tipo 2. No entanto, as diferenças nas respostas glicêmicas e insulinêmicas estão diretamente relacionadas e variam de acordo com a sua taxa de ingestão<sup>3</sup>.

A inacessibilidade das enzimas digestivas ( $\alpha$ -amilase e isoamilase) em relação aos alimentos ricos em amido resistente é o responsável pelos benefícios nutracêuticos, assim como os efeitos na redução da glicemia pós-prandial e na resposta insulinêmica<sup>11</sup>. A amilose é lentamente digerível, enquanto a amilopectina é rapidamente digerível. Sendo assim, em geral, os efeitos positivos do AR na homeostase da glicose e na saciedade estão relacionados com o teor de amilose presente<sup>10</sup>.

Os mais frequentes resultados encontrados quando o amido resistente é estudado refere-se à redução de níveis de glicose sanguínea e saciedade<sup>12</sup>. Bodinham et al.<sup>13</sup> avaliaram os efeitos do AR no controle da glicemia, insulina e alterações nos metabólitos pós-prandiais em pacientes diabéticos tipo 2. Houveram reduções significativas na glicemia pós-prandial, não apresentando impactos relevantes na sensibilidade à insulina. Quanto à saciedade, o marcador peptídeo semelhante à glucagon 1 (GLP 1) pós-prandial encontrou-se aumentado na ingestão de AR, demonstrando efeitos benéficos ao ser incluído nas refeições por promover saciedade e conseqüentemente, redução na ingestão calórica. Sardá et al.<sup>14</sup>, avaliaram os efeitos da suplementação de amido resistente na liberação hormonal relacionada à saciedade, além dos parâmetros bioquímicos referentes à glicemia e insulina em pacientes saudáveis. O

estudo observou uma significativa redução na ingestão calórica em indivíduos que consumiram o AR após a intervenção e quando comparados ao grupo placebo. Esse resultado corresponde aos níveis de PYY (hormônio anorexígeno) aumentados e aos níveis de grelina (hormônio orexígeno) reduzidos no plasma. Além disso, foi observado um impacto positivo na homeostase da glicose, assim como na secreção de insulina, em indivíduos que consumiram o amido resistente.

Shimada et al.<sup>15</sup> demonstrou que uma dieta com alimentos ricos em amido resistente reduz os níveis do polipeptídeo RNA dependente de glicose ao longo do jejuno e íleo em ratos saudáveis e com diabetes tipo 2. Mitra et al.<sup>16</sup> reportou que o amido resistente do arroz, ao sofrer modificações na forma de preparo, não eleva os níveis de glicemia de pacientes com diabetes tipo 2.

Sandberg, Bjorck e Nilsson<sup>17</sup> avaliaram a glicemia, insulina, Peptídeo YY (PYY), Ácidos Graxos Livres (AGL) e Interleucina 6 (IL-6) em 21 indivíduos saudáveis. Estes, foram divididos em dois grupos: aqueles que receberam suplementação de amido resistente no jantar (caso) e aqueles que não receberam (controle). Os marcadores foram mensurados na manhã seguinte, após 0 – 120 minutos após o café da manhã. A dieta com suplementação de AR colaborou para a diminuição dos níveis sanguíneos de glicose e insulina, assim como aumentou o hormônio PYY no plasma. Além disso, aumentou a saciedade e reduziu o desejo de comer e reduziu o AGL. Todavia, não foram notados efeitos no marcador inflamatório IL-6.

Stewart et al.<sup>12</sup> avaliaram as implicações do AR4 na redução da glicemia e insulina pós-prandial, fome e saciedade, tolerância gastrointestinal e palatabilidade através de um estudo randomizado e duplo-cego. Foram encontrados resultados positivos em todos os parâmetros avaliados: melhora no perfil glicêmico e insulinêmico, aumento da saciedade e redução da fome, assim como boa tolerância gastrointestinal, indicando que o AR4 não tem contraindicações ou causa desconfortos abdominais.

## 3 Perda de peso e perfil lipídico

A saúde metabólica não é influenciada somente por níveis de glicose e insulina plasmáticas, mas também por lipídeos, hormônios

e mediadores imunes circulantes<sup>10</sup>. As evidências científicas não sugerem o AR como um modulador do metabolismo dos lipídeos via triglicerídeos totais, LDL ou HDL colesterol, mas apontam uma alteração nos níveis de colesterol total e não HDL colesterol circulantes<sup>18</sup>.

Upadhyaya et al.<sup>19</sup> investigaram o perfil lipídico, circunferência da cintura e percentual de gordura em pacientes com síndrome metabólica quando suplementados com AR4. Foram observadas reduções nos níveis plasmáticos de colesterol total e não HDL, não apresentando diferenças significativas na redução de triglicerídeos e pressão sanguínea. Além disso, foram observadas reduções na circunferência da cintura e no percentual de gordura corporal, indicando que, à longo prazo, o AR4 pode ser um potencial para diminuição de obesidade nesses indivíduos.

Um estudo avaliou os efeitos de uma dieta rica em amido resistente quando comparada à uma dieta somente rica em fibras em adultos obesos e pré-diabéticos ao longo de 12 meses. Foram observadas reduções no peso corporal, circunferência da cintura e Índice de Massa Corporal (IMC) corporal nos indivíduos que consumiram AR. Os autores apontam esses efeitos encontrados devido ao longo prazo de intervenção, pois alguns estudos anteriores não tinham encontrados diferenças tão significativas em indivíduos saudáveis ou que apresentassem comorbidades<sup>20</sup>.

Ácidos graxos não-esterificados (NEFAs) são os veículos pelos quais os triglicerídeos, armazenados no tecido adiposo, são transportados para o local de utilização da lipólise. Os níveis de NEFAs circulantes são tipicamente reduzidos na presença de insulina, ou seja, a melhora nas funções da insulina podem ser associadas a reduções na lipólise induzida por NEFAs<sup>21</sup>. Existem algumas evidências que relacionam a ingestão de amido resistente com a redução de NEFAs circulantes devido à melhora no metabolismo da glicose. Bodinham et al.<sup>13</sup> reportaram que o consumo de AR em participantes com diabetes tipo 2 resultou em reduções na concentração de NEFAs no plasma (tanto no estado de jejum, como no pós-prandial). Robertson et al.<sup>22</sup> observaram uma redução na captação de NEFAs no músculo esquelético em indivíduos com resistência insulínica quando suplementados com 40g /dia de

amido resistente. Outros estudos reportaram não encontrar diferenças significativas entre a ingestão de AR e concentração plasmática de NEFA<sup>18, 23, 24</sup>. Desta maneira, não podem ser feitas conclusões referente aos efeitos do amido resistente nas concentrações e atividade de NEFA, sendo sugeridos estudos mais aprofundados e com maior tempo de intervenção para que possa haver um consenso literário.

#### 4 Prebióticos e Saúde Gastrointestinal

Entre os diferentes benefícios do amido resistente, um dos principais interesses atuais tem sido seu potencial para ser utilizado como um prebiótico, um ingrediente não digerível que beneficia o hospedeiro estimulando o crescimento ou a atividade de um número ilimitado de bactérias benéficas no cólon. Para ser classificado como um prebiótico, o amido resistente precisa preencher três critérios: resistir ao ambiente gastrointestinal superior, ser fermentado pelas bactérias da microbiota intestinal e estimular seletivamente o crescimento e / ou atividade das bactérias benéficas do intestino<sup>25</sup>.

Embora estudos tenham apontado que diferentes cepas de *Bifidobacterias* encontradas no cólon hidrolisam o amido resistente, além de seus benefícios vinculados à produção de ácidos graxos de cadeia curta pela colônia bacteriana, as pesquisas em humanos relatando o AR como um componente prebiótico ainda são limitadas<sup>26</sup>. O AR contido naturalmente nos alimentos é resistente à digestão no intestino delgado e é fermentado no cólon, onde é utilizado como substrato para as bactérias. Porém, esses achados não são homogêneos e provavelmente a resistência à digestão e as taxas de fermentação variam conforme o tipo de amido resistente<sup>10, 25</sup>.

Todavia, o desafio maior em definir o AR como um prebiótico seguindo esses três critérios mencionados acima refere-se à sua habilidade de estimular a atividade de microrganismos selecionados (bactérias benéficas). As considerações incluem a significativa variância interindividual na microbiota intestinal e as respostas à dieta, assim como os fatores geográficos e idade<sup>27</sup>. Apesar disso, o interesse em classificar o AR como um prebiótico persiste devido à sua função como um substrato fermentativo para o crescimento de prebióticos, atuando

em sinergismo com outros prebióticos e assim, melhorando a estabilidade dessas bactérias<sup>28</sup>.

Há também um considerável interesse na influência do AR nas disfunções gastrointestinais (constipação, diverticulite), assim como na Síndrome do Intestino Irritável (SII) e doenças inflamatórias intestinais (colite ulcerativa, doença de Crohn, etc) por ser uma fibra dietética<sup>10</sup>. A sua ingestão regular como fibra tem sido associada com benefícios referente ao aumento do bolo fecal e diminuição do tempo de trânsito e pH das fezes<sup>29</sup>.

Modelos animais sugerem que a ingestão de AR3 reduz lesões inflamatórias ileais e colônicas em camundongos selvagens e em camundongos com colite induzida, atuando em IL-10, IFN- $\gamma$  e fator de transcrição PPAR $\gamma$ <sup>30</sup>. Em outro estudo, ratos alimentados com 10% de sua dieta total sendo AR3 e em combinação com extrato de chá verde (0,5%), tiveram os marcadores inflamatórios reduzidos avaliados pela expressão de COX-2, NF $\kappa$ B, TNF $\alpha$ , IL-1 $\beta$  RNAm e proliferação celular<sup>31</sup>. Em humanos, foi avaliada a hipótese que a ingestão de baixas doses de amido resistente (8,5g/dia, por 4 semanas) poderiam reduzir a inflamação intestinal em crianças de 3 a 5 anos em Malauí. Houveram mudanças significativas na produção de ácidos graxos de cadeia curta e na população bacteriana (*Actinobactérias* aumentadas e *Firmicutes* reduzidas). Embora a inflamação não tenha sido reduzida, observou-se o aumento de calprotectina e regulação na via de biossíntese de lipopolissacarídeos, ambos indicadores de inflamação reduzida<sup>32</sup>.

## 5 Produção de Ácidos Graxos de Cadeia Curta e Microbiota Intestinal

O amido resistente, no cólon, é utilizado como substrato para as bactérias da microbiota intestinal, sendo os ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) os produtos finais dessa fermentação. São conhecidos como AGCC: acético, propiônico e o butirico, além de gases como hidrogênio, dióxido de carbono e metano. Os principais AGCC são absorvidos em várias regiões do intestino grosso e metabolizados rapidamente pelos colonócitos, agindo como importante fonte energética para as células intestinais<sup>4</sup>.

Estudos apontam que a suplementação de AR aumenta a produção fecal e cecal de AGCC

total, além de aumentar também concentrações individuais de propionato, butirato e acetato. Leu et al.<sup>33</sup>.

Observaram, através da introdução de dietas contendo amido de milho com alto teor de amido resistente, a diminuição do pH fecal e cecal em todos os grupos quando comparados ao controle (placebo). As dietas ricas em AR aumentaram significativamente as concentrações de AGCC.

Beloshapka et al.<sup>34</sup> não evidenciaram diferenças na produção de AGCC quando ingeridos 5g AR/dia em cães adultos e saudáveis. Porém, Peixoto et al.<sup>35</sup> encontraram diferenças significativas quando avaliaram a ingestão de dietas com baixo e alto teor de amido resistente (0,21 e 1,46%, respectivamente) em cães saudáveis. Os pesquisadores encontraram aumento na produção de propionato, butirato, ácidos graxos voláteis totais e lactato, assim como redução do pH fecal na dieta com alto teor de AR. Essas discordâncias de resultados podem ter ocorrido devido às diferentes fases da vida estudadas (cães adultos e cães idosos), sendo que na fase idosa há um declínio das bactérias benéficas na microbiota intestinal, o que proporcionaria um resultado mais evidente<sup>36</sup>.

A grande influência que a microbiota intestinal tem na saúde humana já está bem reconhecida. As bactérias intestinais influenciam nas funções imunes e nutricionais, assim como os mecanismos de controle de apetite; estados de doenças como distúrbios mentais<sup>37</sup>; obesidade e sua associação com desequilíbrios metabólicos, incluindo doenças cardiovasculares<sup>38</sup>. Acredita-se que a dieta influencia as comunidades microbianas de todo o trato gastrointestinal<sup>39</sup>. Neste contexto, o potencial conhecido do amido resistente sobre a microbiota intestinal torna-o um tópico de grande interesse científico.

Com os avanços no sequenciamento de DNA e métodos moleculares baseados em análises de RNA ribossomal 16S, tornou-se possível a investigação mais detalhada em identificação de bactérias e como as comunidades bacterianas interagem com o organismo. Em um estudo randomizado e duplo-cego, 10 adultos saudáveis consumiram biscoitos contendo aproximadamente 30g de AR2 ou 30g de AR4, comparando-os com o grupo controle que consumiu 4g de fibra durante 3 semanas. Durante este curto período de intervenção, ambas as formas de amido

resistente aumentaram significativamente os filós *Actinobactéria* e *Bacteroidetes*, enquanto *Firmicutes* foi diminuído<sup>40</sup>.

Upadhyaya et al<sup>19</sup> avaliaram os efeitos de uma farinha enriquecida com AR4 quando comparada à uma farinha controle na microbiota intestinal e em outros parâmetros de saúde em 20 indivíduos com síndrome metabólica. Os autores reportaram o aumento de *B. adolescentis*, *P. distasonis* e uma espécie recentemente descrita, *Christensenella minuta*. Não houveram diferenças em *R. bromii* em resposta às 12 semanas de consumo de amido resistente. Os autores também associaram outros parâmetros bioquímicos com as análises moleculares, como o consumo de AR4 ter respostas inversamente proporcionais ao colesterol total e a abundância de *Bacteroidetes*.

Existem diversos estudos que investigaram as influências de AR com a microbiota intestinal. Tecnologias avançadas têm apontado espécies chaves como *R. bromii* e *E. rectale*. Todavia, muitas espécies estão envolvidas (incluindo grupos menos abundantes), assim como suas interações locais na microbiota ou sistêmicas no organismo do hospedeiro<sup>37</sup>. Existe uma linha tênue de cautela e prudência que deve ser levada em consideração quando analisados resultados de experimentos em animais e humanos, pois ambos não têm a mesma consistência. Pesquisadores encontraram somente 10% de variância na microbiota intestinal de humanos quando introduzido AR em sua dieta<sup>41</sup> enquanto pesquisadores encontraram até 60% de variância quando aplicado em animais<sup>42</sup>.

O conhecimento de como a microbiota intestinal interage com o organismo vem crescendo rapidamente. Um estudo comparou os metabólitos na microbiota intestinal e o metaboloma do hospedeiro em veganos e onívoros urbanos<sup>43</sup>. Os resultados sugeriram o grande impacto da dieta no metaboloma, e um impacto mais modesto na microbiota intestinal. Os autores sugeriram a dieta como um substrato que afeta principalmente o metaboloma bacteriano, ao invés de um fator regulador da adesão das bactérias que participam das comunidades bacterianas. Estudos futuros que investiguem a influência do AR na microbiota intestinal em associação com o metaboloma devem ser considerados.

## 6 Aplicação como um Ingrediente Funcional

O Departamento de Agricultura dos Estados Unidos define alimentos funcionais como “alimentos naturais ou processados que contêm compostos biologicamente conhecidos ou desconhecidos, os quais em quantidades efetivas e não tóxicas, promovem benefícios clinicamente comprovados e documentados para a saúde na prevenção, gestão ou tratamento de doenças crônicas”<sup>44</sup>. A resolução nº 18 da ANVISA traz uma definição de alimentos funcionais como “o alimento ou ingrediente que alegar propriedades funcionais ou de saúde e que pode, além de exercer funções nutricionais básicas, quando se tratar de nutriente, produzir efeitos metabólicos e ou fisiológicos e ou efeitos benéficos à saúde, devendo ser seguro para consumo sem supervisão médica”<sup>45</sup>.

O termo “alimento funcional” não tem uma única definição estabelecida pelo *Food and Drug Administration* ou outro órgão universal. Todavia, podem ser classificados em três diferentes categorias, de acordo com o alimento em si ou conforme os componentes bioativos nele presentes: 1) alimentos convencionais, ou seja, íntegros com componentes bioativos naturalmente presentes em sua composição, como por exemplo suco de laranja e suas vitaminas antioxidantes; 2) alimentos modificados, que através de enriquecimento ou fortificação, contêm componentes bioativos, como os cremes vegetais adicionados de ácidos graxos ômega-3 ou fitosteróis e 3) ingredientes alimentares isolados, como carboidratos não digeríveis, como é o caso do amido resistente<sup>46</sup>.

O uso de alimentos funcionais tem crescido nas últimas décadas. A busca pela informação e a modificação no estilo de vida da população é enfatizado como uma fundação para a longevidade, principalmente uma dieta rica em frutas, vegetais e grãos integrais, assim como baixa em gorduras trans e saturadas<sup>21</sup>.

A biomassa de banana verde tem ganhado espaço como um alimento funcional por conter altos teores de amido resistente. O amido é o componente mais importante da banana verde, representando uma fração de massa de 70-80g /100g do fruto<sup>47</sup>. Autores apontam que a banana verde contém, em média, 40 a 58% de AR<sup>48</sup>. Todavia, este componente é encontrado quando a fruta ainda está verde, pois conforme ocorre o

amadurecimento, o AR é convertido em açúcares, como dissacarídeos<sup>49</sup>. A polpa da banana verde permite a elaboração de diversos tipos de alimentos, pois sua aplicação não ocasiona alteração do sabor. Além disso, possui elevados teores de vitaminas e minerais, o que proporciona o aumento do valor nutricional do alimento. Devido à sua grande quantidade de compostos fenólicos solúveis, principalmente taninos, à medida que ocorre o amadurecimento do fruto, esses compostos sofrem polimerização, diminuindo a adstringência e aumentando a doçura<sup>50</sup>. A banana verde tem sido utilizada como uma das principais fontes de amido resistente devido ao seu alto teor de AR e sua facilidade de acesso à população.

Diferentes fontes de amido resistente também são descritas por Lockyer e Nugent<sup>10</sup>, como: pão branco, pão integral, mingau (cozido), cereais matinais, biscoitos de trigo, arroz branco e escuro (cozido), macarrão de trigo, massa integral, batata doce, vagem, milho doce, ervilhas, lentilha (cozida), entre outros. Contudo, aponta-se a importância de uma dieta variada, tanto para a obtenção dos benefícios de ingredientes funcionais como o amido resistente, quanto para a nutrição básica fundamentada em macronutrientes e micronutrientes.

**Tabela 2.** Artigos científicos utilizados neste estudo para as conclusões dos resultados.

Referência	Ano	Metodologia	Descrição
Stewart ML, et al. (12)	2018	Estudo clínico	Avaliar resposta da glicose, insulina e saciedade na ingestão de AR4.
Bodinhham CL, et al (13)	2014	Estudo clínico	Avaliar efeitos do AR no controle da glicemia em pacientes com DM2.
Sardá FAH, et al. (14)	2016	Estudo clínico	Avaliaram os efeitos da liberação hormonal na suplementação de AR.
Shimada M, et al. (15)	2014	Estudo pré-clínico	Dieta rica em AR reduz os níveis do polipeptídeo RNAm dependente de glicose.
Mitra A, et al. (16)	2017	Estudo clínico	AR do arroz sofrendo modificações na preparação não eleva níveis de glicemia em pacientes com DM2.
Sanderberg JC, et al. (17)	2017	Estudo clínico	Avaliar a insulina, glicemia, PYY, AGL e IL-6 com e sem suplementação de AR.
Gower BA, et al. (18)	2016	Estudo clínico	Avaliar os efeitos do AR do milho com alto teor de amilose na sensibilidade à insulina em mulheres.
Upadhyaya B. et al. (19)	2016	Estudo clínico	Perfil lipídico, circunferência da cintura e % de gordura em pacientes com SM na suplementação de AR.
Dodevska MS, et al. (20)	2016	Estudo clínico	Efeitos de uma dieta rica em AR em comparação à uma dieta rica em fibras em adultos obesos.
Hunter PM e Hegele RA (21)	2017	Revisão	Alimentos funcionais, como AR, para o tratamento de dislipidemia.



Robertson MD, et al. (22)	2012	Estudo clínico	Redução na captação de NEFAs em indivíduos com resistência insulínica quando suplementados com 40g/dia de AR.
Edwards CH, et al. (23)	2015	Estudo clínico	Comparar os efeitos do AR em diferentes tipos de preparação sobre os efeitos pós-prandiais.
García-Rodríguez CE, et al. (24)	2012	Estudo clínico	Avaliar os efeitos de uma fórmula para diabéticos enriquecida com AR sobre os efeitos pós-prandiais.
Zaman, SA e Sarbini SR. (25)	2015	Revisão	Avaliar o potencial do amido resistente como um prebiótico.
Martinez RCR, et al. (26)	2015	Revisão	Alimentos funcionais como prebióticos e seus efeitos nos probióticos.
Brussow, H. (27)	2013	Revisão	Amido resistente como uma intervenção nutricional para microbiota e envelhecimento saudável.
Fuentes-Zaragoza, E et al. (28)	2011	Revisão	Amido resistente como um prebiótico.
Abellán Ruiz, MSA et al. (29)	2015	Estudo clínico	Avaliar os efeitos da suplementação de AR no tempo de trânsito colônico e características de defecação.
Bassaganya-Riera J et al. (30)	2011	Estudo pré-clínico	Modelos animais sugerem que a ingestão de AR3 reduz lesões inflamatórias ileais e colônicas em camundongos.
Hu, Y et al. (31)	2016	Estudo pré-clínico	Avaliar ratos alimentados com 10% de sua dieta total sendo AR3 na resposta inflamatória.
Ordiz, M.I et al. (32)	2015	Estudo clínico	Avaliar os efeitos da ingestão de baixas doses de AR na inflamação intestinal em crianças de 3 a 5 anos.
Le Leu, RK et al. (33)	2009	Estudo clínico	Avaliar a introdução de AR na diminuição do pH fecal e cecal, assim como alterações nas concentrações de AGCC.
Beloshapka AN et al. (34)	2014	Estudo pré-clínico	Avaliar diferenças na produção de AGCC quando ingeridos 5gAR/dia em cães adultos e saudáveis.
Peixoto, MC et al. (35)	2017	Estudo pré-clínico	Avaliar diferenças na produção de AGCC em dietas com baixo e alto teor de AR em cães.
Lyte M et al. (37)	2016	Estudo pré-clínico	Investigar se o uso de AR na dieta de camundongos altera a microbiota intestinal, resultando em alteração de comportamento.
Arora T e Backhed F (38)	2016	Revisão	Avaliar as interações entre microbiota intestinal e doenças metabólicas
Martínez J, et al. (40)	2010	Estudo clínico	Avaliar a modificação de bactérias intestinais quando suplementado AR.
Salonen A, et al. (41)	2014	Estudo clínico	Analisar a composição, diversidade e dinâmica da microbiota intestinal na presença e na ausência de AR
Zhang C, et al. (42)	2010	Estudo clínico	Avaliar contribuições relativas da genética e da dieta do hospedeiro para a formação da microbiota intestinal.

Fonte: criado pelos autores.

## CONCLUSÕES

De acordo com o embasamento encontrado em diversos estudos científicos, conclui-se que o amido resistente possui implicações fisiológicas e metabólicas no organismo humano. O AR pode atuar modificando a resposta glicêmica e insulinêmica pós-prandial, podendo ser recomendado assim para pacientes diabéticos. Além disso, por ser classificado como uma fibra dietética, promove saciedade prolongada, o que auxilia na perda de peso corporal e melhora no perfil lipídico.

O amido resistente também é classificado como um prebiótico, o qual promove a síntese de AGCC, principais substratos para as bactérias da microbiota intestinal. A melhora na modulação da microbiota impacta de forma sistêmica o organismo, repercutindo em redução de marcadores inflamatórios, melhora no sistema imunológico e na saúde gastrointestinal.

Desta maneira, conclui-se que o amido resistente (AR) pode ser recomendado e amplamente utilizado como um ingrediente funcional para fins de redução da glicemia, perda de peso vinculada ao aumento da saciedade, melhora do perfil lipídico, redução de marcadores inflamatórios e modulação da microbiota intestinal.

## REFERÊNCIAS

- Pereira KD. Amido resistente, a última geração no controle de energia e digestão saudável. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. 2007 set 13; 27 (1): 88-92.
- Martins WLS. O uso de biomassa de banana verde como um alimento funcional na prevenção da obesidade: uma revisão integrativa. *Repositório Institucional da UFPE*. 2017 mai 17.
- Basso C, et al. Elevação dos níveis de amido resistente: efeito sobre a glicemia e na aceitabilidade do alimento. *Revista do Instituto Adolfo Lutz (Impresso)*. 2011 jul 27; 70 (3): 276-282.
- Reis JS, et al. Amido resistente, um potencial ingrediente para ser considerado em alimentos funcionais para cães. *Archivos de zootecnia*. 2017 out 15; 66 (256): 639-648.
- De Oliveira DASB, et al. Avaliação da qualidade de pão com adição de farinha e purê da banana verde. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 2015 set 25; 37 (3): 699-707.
- Walter M, Da Silva LP, Emanuelli T. Amido resistente: características físico-químicas, propriedades fisiológicas e metodologias de quantificação. *Ciência rural*. 2005 ago 24; 35 (4): 974-980.
- Englyst HN, Kingman SM, Cummings JH. Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. *Eur J Clinl Nutr*. 1992 out 01; 46 (2): 33-50.
- Nugent AP. Health properties of resistant starch. *Nutrition Bulletin*. 2005 fev 16; 30 (1): 27-54.
- Fontinha C, Correia P. Amido resistente em diversas fontes não convencionais de amido. *Millenium-Journal of Education, Technologies, and Health*. 2010 jun 04; 38 (15): 67-81.
- Lockyer S, Nugent AP. Health effects of resistant starch. *Nutrition Bulletin*. 2017 jan 05; 42 (1): 10-41.
- Raigond P, Ezequiel R, Raigond, B. Resistant starch in food: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2014 out 21; 95 (10): 1968-1978.
- Stewart ML, et al. Type-4 Resistant Starch in Substitution for Available Carbohydrate Reduces Postprandial Glycemic Response and Hunger in Acute, Randomized, Double-Blind, Controlled Study. *Nutrients*. 2018 jan 22; 10 (2): 129-140.
- Bodinham CL, et al. Efficacy of increased resistant starch consumption in human type 2 diabetes. *Endocrine connections*. 2014 out 20; 3 (2): 75-84.
- Sardá FAH, et al. Impact of resistant starch from unripe banana flour on hunger, satiety, and glucose homeostasis in healthy volunteers. *Journal of Functional Foods*. 2016 abr 12; 24: 63-74.
- Shimada M, Mochizuki K, Goda T. Dietary resistant starch reduces levels of glucose-dependent insulinotropic polypeptide mRNA along the jejunum-ileum in both normal and type 2 diabetic rats. *Bioscience, biotechnology, and biochemistry*. 2014 mai 22; 72 (8): 2206-2209.
- Mitra A, Bhattacharya D, Roy S. Role of resistant starches particularly rice containing resistant starches in type 2 diabetes. *Journal of Human Ecology*. 2017 out 24; 21 (1): 47-51.
- Sanderberg JC, Bjorck IME, Nilsson AC. Effects of whole grain rye, with and without resistant starch type 2 supplementation, on glucose tolerance, gut hormones, inflammation and appetite regulation in an 11–14.5 hour perspective; a randomized controlled study in healthy subjects. *Nutrition journal*. 2017 abr 21; 16 (1): 25-35.

18. Gower BA, et al. Baseline insulin sensitivity affects response to high-amylose maize resistant starch in women: a randomized, controlled trial. *Nutrition & metabolism*. 2016 jan 13; 13 (1): 2-12.
19. Upadhyaya B. et al. Impact of dietary resistant starch type 4 on human gut microbiota and immunometabolic functions. *Scientific reports*. 2016 jun 30; 6: 28797.
20. Dodevska MS, et al. Effects of total fibre or resistant starch-rich diets within lifestyle intervention in obese prediabetic adults. *European journal of nutrition*. 2016 fev 15; 55 (1): 127-137.
21. Hunter PM, Hegele RA. Functional foods and dietary supplements for the management of dyslipidaemia. *Nature Reviews Endocrinology*. 2017 jan 30; 13 (5): 278-288.
22. Robertson MD, et al. Insulin-sensitizing effects on muscle and adipose tissue after dietary fiber intake in men and women with metabolic syndrome. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 2012 set 01; 97 (9): 3326-3332.
23. Edwards CH, et al. Manipulation of starch bioaccessibility in wheat endosperm to regulate starch digestion, postprandial glycemia, insulinemia, and gut hormone responses: a randomized controlled trial in healthy ileostomy participants, 2. *The American journal of clinical nutrition*. 2015 set 02; 102 (4): 791-800.
24. García-Rodríguez CE, et al. Postprandial glucose, insulin and gastrointestinal hormones in healthy and diabetic subjects fed a fructose-free and resistant starch type IV-enriched enteral formula. *European journal of nutrition*. 2012 nov 23; 52 (6): 1569-1578.
25. Zaman, SA, Sarbini SR. The potential of resistant starch as a prebiotic. *Critical reviews in biotechnology*. 2015 13 jan; 36 (3): 578-584.
26. Martinez, RCR, Bedani R, Saad SMI. Scientific evidence for health effects attributed to the consumption of probiotics and prebiotics: an update for current perspectives and future challenges. *British Journal of Nutrition*. 2015 dez 28; 114 (12): 1993-2015.
27. Brussow, H. Microbiota and healthy ageing: observational and nutritional intervention studies. *Microbial biotechnology* 2013 mar 13; 6 (4): 326-334.
28. Fuentes-Zaragoza, E et al. Resistant starch as prebiotic: a review. *Starch-Stärke*. 2011 mar 24; 63 (7): 406-415.
29. Abellán Ruiz, MSA et al. Digestion-resistant maltodextrin effects on colonic transit time and stool weight: a randomized controlled clinical study. *European journal of nutrition*. 2015 out 06; 55 (8): 2389-2397.
30. Bassaganya-Riera J et al. Soluble Fibers and Resistant Starch Ameliorate Disease Activity in Interleukin-10–Deficient Mice with Inflammatory Bowel Disease–3. *The Journal of nutrition*. 2011 jul 01; 141 (7): 1318-1325.
31. Hu, Y et al. Manipulation of the gut microbiota using resistant starch is associated with protection against colitis-associated colorectal cancer in rats. *Carcinogenesis*. 2016 abr 01; 37 (4): 366-375.
32. Ordiz, M.I et al. The effect of dietary resistant starch type 2 on the microbiota and markers of gut inflammation in rural Malawi children. *Microbiome*. 2015 set 03; 3 (1): 37-47.
33. Le Leu, RK et al. Effect of high amylose maize starches on colonic fermentation and apoptotic response to DNA-damage in the colon of rats. *Nutrition & metabolism*. 2009 mar 07; 6 (1): 11-21.
34. Beloshapka AN et al. The effects of feeding resistant starch on apparent total tract macronutrient digestibility, faecal characteristics and faecal fermentative end-products in healthy adult dogs. *Journal of nutritional science*. 2014 set 30; 3: 38-43.
35. Peixoto, MC et al. Effect of resistant starch on the intestinal health of old dogs: fermentation products and histological features of the intestinal mucosa. *Journal of animal physiology and animal nutrition*. 2017 fev 8; 102 (1): 11-121.
36. Larsen JA, Farcas A. Nutrition of aging dogs. *Veterinary Clinics: Small Animal Practice*. 2014 jul 20; 44 (4): 741-759.
37. Lyte M et al. Resistant starch alters the microbiota-gut brain axis: Implications for dietary modulation of behavior. *PLoS one*. 2016 jan 8; 11 (1): e0146406.
38. Arora T, Backhed F. The gut microbiota and metabolic disease: current understanding and future perspectives. *Journal of internal medicine*. 2016 abr 12; 280 (4): 339-349.
39. Kobyliak N, Virchenko O, Falalyeyeva T. Pathophysiological role of host microbiota in the development of obesity. *Nutrition journal*. 2016 abr 26; 15 (1): 43-54.

40. Martínez I, et al. Resistant starches types 2 and 4 have differential effects on the composition of the fecal microbiota in human subjects. *PloS one*. 2010 nov 29; 5 (11): e15046.
41. Salonen A, et al. Impact of diet and individual variation on intestinal microbiota composition and fermentation products in obese men. *The ISME journal*. 2014 abr 24; 8 (11): 2218-2230.
42. Zhang C et al. Interactions between gut microbiota, host genetics and diet relevant to development of metabolic syndromes in mice. *The ISME journal*. 2010 out 29; 4 (2): 232-241.
43. Wu GD *et al.* Comparative metabolomics in vegans and omnivores reveal constraints on diet-dependent gut microbiota metabolite production. *Gut microbiota*. 2014 nov 26; 65: 63–72.
44. Martirosyan DM, Singh J. A new definition of functional food by FFC: what makes a new definition unique?. *Functional foods in health and disease*. 2015 jun 28; 5 (6): 209-223.
45. ANVISA. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução da Diretoria Colegiada – RDC nº 18, de 30 de abril de 1999. Disponível em: < <http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/AGENCIAS/ANVISA/RS0002-070102.PDF>>
46. Crowe KM, Francis C. Position of the academy of nutrition and dietetics: functional foods. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*. 2013 jul 23; 113 (8): 1096-1103.
47. Rayo LM et al. Production of instant green banana flour (*Musa cavendishii*, var. Nanicão) by a pulsed-fluidized bed agglomeration. *LWT-Food Science and Technology*. 2015 mar 24; 63 (1): 461-469.
48. Batista ALD et al. Developing a synbiotic fermented milk using probiotic bacteria and organic green banana flour. *Journal of Functional Foods*. 2017 out 24; 38 (parte A): 242-250.
49. Ranieri LM, Delani TCO. Banana verde (*Musa spp*): obtenção da biomassa e ações fisiológicas do amido resistente. *Revista UNINGÁ Review*. 2014 set 22; 20 (3): 43-49.
50. Borges AM, Pereira J, Lucena EMP. Caracterização da farinha de banana verde. *Ciências e tecnologia de alimentos*. 2009 jun 20; 29 (2): 333-339.