



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS
CURSO DE FARMÁCIA

MATHEUS DE ALBUQUERQUE CARVALHO

**EFEITOS DA INGESTÃO DE MICOPROTEÍNAS POR SERES HUMANOS
COMPARADO A OUTRAS FONTES DE PROTEÍNA**

MACEIÓ/AL

2023

MATHEUS DE ALBUQUERQUE CARVALHO

**EFEITOS DA INGESTÃO DE MICOPROTEÍNAS POR SERES HUMANOS
COMPARADO A OUTRAS FONTES DE PROTEÍNA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à coordenação do curso de Farmácia da Universidade Federal de Alagoas, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de bacharel em Farmácia.

Orientador: Valter Alvino

MACEIÓ/AL

2023

Catálogo na Fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecário: Marcelino de Carvalho Freitas Neto – CRB-4 – 1767

C331e Carvalho, Matheus de Albuquerque.

Efeitos da ingestão de micoproteínas por seres humanos comparado a outras fontes de proteína / Matheus de Albuquerque Carvalho. – 2023.
40 f. : il.

Orientador: Valter Alvino.

Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Farmácia) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Ciências Farmacêuticas. Maceió, 2023.

Bibliografia: f. 32-40.

1. Micoproteínas. 2. Proteínas fúngicas. 3. Metabolismo. 4. Síntese de proteína muscular. 5. Microbioma gastrointestinal. I. Título.

CDU: 615.24



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS
CURSO DE FARMÁCIA**

Campus A.C. Simões, Av. Lourival Melo Mota, s/n, Tabuleiro dos Martins
CEP:57072-900 Maceió – AL
Coordenação do curso de Farmácia
Telefone: (82) 3214.1170; e-mail: tccfarmaciaufal@gmail.com



ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (TCC)

Em **20 de julho de 2023** às 13:14 horas foi dado início à apresentação do TCC do(a) candidato(a) **MATHEUS DE ALBUQUERQUE CARVALHO** intitulado **Efeitos da Ingestão de Micoproteínas por Seres Humanos Comparado a Outras Fontes de Proteínas**. A apresentação teve duração de 33 minutos.

Ao final, cada membro da banca avaliadora atribuiu notas individuais de 0 (zero) à 10 (dez) aos parâmetros enumerados pelas normas aprovadas em **17/04/2023** pelo Colegiado do Curso de Farmácia (**Trabalho escrito, Apresentação oral, Arguição**):

AVALIADOR 1:	Prof. Dr. Valter Alvino	NOTA:	10,0
AVALIADOR 2:	Profª Drª Sabrina Felizardo Neves	NOTA:	9,50
AVALIADOR 3:	Prof. Dr. Luciano Aparecido Meireles Grillo	NOTA:	9,50

Assim, o candidato foi classificado como **APROVADO** Escolher um item. com média final igual a **9,67** (nove inteiros e sessenta e sete décimos), mediante correções sugeridas pela banca avaliadora.

Assinatura da banca avaliadora

AVALIADOR 1:  Documento assinado digitalmente
VALTER ALVINO DA SILVA
Data: 20/07/2023 15:29:05-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

AVALIADOR 2:  Documento assinado digitalmente
SABRINA JOANY FELIZARDO NEVES
Data: 21/07/2023 14:10:37-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

AVALIADOR 3:  Documento assinado digitalmente
LUCIANO APARECIDO MEIRELES GRILLO
Data: 26/07/2023 14:36:44-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

AGRADECIMENTOS

Nunca fui bom com palavras de agradecimento, sempre considerei um sentimento que é dificilmente expresso em palavras, mas sim com ações. Mas durante minha jornada acadêmica várias pessoas contribuíram para que meu conhecimento e ideias fossem moldados.

Agradeço aos meus pais, Ademar e Roberta, que sempre estiveram comigo, durante toda a vida.

Aos meus familiares, por sempre estarem lá por mim.

Aos meus amigos, que me deram suporte durante essa jornada.

Aos meus professores, que me instruíram e abriram portas para conhecimentos que nunca achei que me interessaria.

Ao meu orientador, por ter me dado a direção e compartilhado seus conhecimentos que me ajudaram na produção deste trabalho.

*“Se o conhecimento pode criar problemas, não é
através da ignorância que podemos solucioná-los”.*

Isaac Asimov

RESUMO

A micoproteína é uma fonte de proteína derivada de fungos, que contém todos os aminoácidos essenciais e é rica em fibras, que pode ser consumida como uma fonte alternativa. Embora existam muitas evidências sobre a importância das proteínas derivadas de animais, crescentes preocupações relacionadas à: sustentabilidade, devido ao impacto ambiental causado pela pecuária e a questões de saúde relacionado ao seu alto consumo, levaram à busca de alternativas à estas proteínas de fonte animal. Recentes ensaios clínicos buscaram elucidar os efeitos do consumo desta fonte de proteína fúngica. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da ingestão de micoproteínas em relação a outras fontes de proteína em humanos. Para isso, foi realizado uma busca por publicações indexadas nas bases de dados PubMed e Cochrane Library, utilizando como palavra-chave o termo “Mycoprotein”. Foram selecionados ensaios clínicos, aleatórios ou não, que relataram desfechos nos níveis de glicose, insulina, colesterol, síntese de proteína muscular e microbiota intestinal. Os resultados mostraram uma redução significativa nos níveis de colesterol. Também foram observadas mudanças benéficas na microbiota intestinal após intervenção contendo micoproteínas. Para os níveis de glicose, insulina e síntese de proteína muscular os resultados foram similares a proteínas de fonte animal. No entanto, as evidências vem de um número limitado de estudos heterogêneos. Estudos maiores e mais longos se fazem necessários para elucidar os benefícios a longo e curto prazo.

PALAVRAS-CHAVE: Micoproteína, Proteína Fúngica, Metabolismo, Síntese de Proteína Muscular, Microbiota intestinal.

ABSTRACT

Mycoprotein is a source of protein derived from fungi, which contains all essential amino acids and is rich in fiber, which can be consumed as an alternative source. Although there is much evidence on the importance of animal-derived proteins, growing concerns related to: sustainability, due to the environmental impact caused by livestock and health issues related to its high consumption, have led to the search for alternatives to these animal source proteins. Recent clinical trials sought to elucidate the effects of consuming this source of fungal protein. Therefore, the objective of this work was to evaluate the effects of mycoprotein intake in relation to other protein sources in humans. For this, a search was carried out for indexed publications in the PubMed and Cochrane Library databases, using the term “Mycoprotein” as a keyword. Clinical trials, randomized or not, that reported outcomes in glucose, insulin, cholesterol, muscle protein synthesis and intestinal microbiota were selected. The results showed a significant reduction in cholesterol levels. Beneficial changes in the intestinal microbiota were also observed after intervention containing mycoproteins. For glucose, insulin and muscle protein synthesis levels the results were similar to animal source proteins. However, the evidence comes from a limited number of heterogeneous studies. Larger and longer studies are needed to elucidate the long-term and short-term benefits.

KEYWORDS: Mycoprotein, Fungal Protein, Metabolism, Muscle Protein Synthesis, Microbiota Intestinal.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - A natureza filamentosa da micoproteína	12
Figura 2 - Micélio de <i>Neurospora intermedia</i> observado ao microscópio.....	13
Figura 3 - Componentes da parede celular fúngica	13
Figura 4 - Ilustração da FS e FES na produção de biomassa	15
Figura 5 - O processo de fermentação do Quorn™.....	17
Figura 6 - Fluxograma de seleção das evidências segundo a abordagem PRISMA (2020).....	23

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Exemplos de estudos que utilizaram diferentes cepas de fungos e diferentes tipos de resíduos como substrato para produção de micoproteínas (ou SCP)	17
Tabela 2 - Composição da micoproteína <i>F. venenatum</i> (biomassa seca).....	20
Tabela 3 - Ensaio identificados	24

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

SCP - Single-cell protein

AE - Aminoácidos essenciais

ACR - Aminoácidos de cadeia ramificada

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations

β - Beta

TM - Trademark (Marca comercial)

EU - Estados Unidos

FDA - Food and Drug Administration

MIT - Instituto de Tecnologia de Massachusetts

RHM - Rank Hovis McDougall

FES - Fermentação em estado sólido

FS - Fermentação submersa

RNA - Ácidos ribonucleicos

°C – Grau Celsius

pH – Potencial hidrogeniônico

PDCAAS - Índice químico de aminoácidos corrigido pela digestibilidade proteica

ω -6 - Ômega 6/ácido linoleico

ω -3 - Ômega 3/ácido linolênico

IAUC - Área incremental sob a curva

g - Grama

min - Minutos

IMC - Índice de massa corpórea

α - Alfa

μ mol/L - Micromol por litro

kg - Quilograma

VLDL - Lipoproteína de muita baixa densidade

IDL - Lipoproteínas de densidade intermediária

LDL - Lipoproteína de baixa densidade

HDL - Lipoproteína de alta densidade

DHA - Ácido docosahexaenóico

DCV – Doenças cardiovasculares

AGCC - Ácido graxo de cadeia curta

GAA - Ácido guanidinoacético

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	10
2.REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1 Micoproteína.....	12
2.2 Perspectiva histórica	14
2.3 Produção	14
2.4 Valores nutricionais	19
3.OBJETIVOS	21
3.1 Objetivo geral	21
3.2 Objetivos específicos	21
4. METODOLOGIA.....	22
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
5.1 Glicemia, insulinemia e níveis do colesterol de pessoas que fizeram a ingestão de micoproteínas	26
5.1.1 Glicemia	26
5.1.2 Insulinemia	26
5.1.3 Níveis de colesterol	27
5.2 Síntese de proteína muscular em pessoas que fizeram ingestão de micoproteínas	28
5.3 Alterações da microbiota intestinal em pessoas que fizeram a ingestão de micoproteínas	29
6. CONCLUSÃO.....	31
REFERÊNCIAS	32

1.INTRODUÇÃO

Em todo o mundo, a demanda por proteínas mais saudáveis está aumentando rapidamente devido ao crescimento populacional e preocupações com a saúde associadas ao consumo de carne vermelha (AHMAD et al., 2022). De acordo com estudos recentes, o alto consumo de carne vermelha pode estar associado a doenças cardiovasculares (DCV) (LARSSON, ORSINI, 2014; BHANDARI et al., 2023). Além disso, a produção de carne tem um forte impacto no meio ambiente (TUKKER, JENSEN, 2006): amplo uso de terras; redução da biodiversidade; consumo de água; emissão de gases do efeito estufa (STEINFELD et al., 2006). Com relação a estas preocupações, a inserção de fontes alternativas de proteína vem sendo estudada, como os análogos de carne que estão ganhando interesse por consumidores (STEPHENS et al., 2018; ISMAIL et al., 2020).

Os análogos de carne podem ser categorizados como carnes cultivadas *in vitro*, carnes de fontes vegetais como proteína de soja e *single-cell protein* (SCP) (STEPHENS et al., 2018; SANTO et al., 2020; TIANYI et al., 2021). SCP são descritas como uma proteína de origem microbiana produzida a partir da cultura de bactérias, leveduras, fungos e microalgas, mas alguns destes microrganismos podem ser multicelulares (RITALA et al., 2017). Atualmente a proteína vegetal é a principal fonte para produção de análogos de carne, porém estudos mostram que a ingestão destas proteínas plant-based, como soja e trigo resulta em uma menor biodisponibilidade de aminoácidos essenciais (AE) e aminoácidos de cadeia ramificada (ACR) (GORISSEN et al., 2016).

Organismos fúngicos como cogumelos e trufas já fazem parte da nutrição humana em algumas culturas devido ao seu sabor, porém eles não são considerados um bom substituto como fonte de proteína, por possuírem baixas concentrações da mesma (SOUZA FILHO et al., 2019; BOLAND et al., 2013). Por outro lado, outros fungos filamentosos possuem rápido crescimento e alto teor de proteínas e já são utilizados a muitos anos pela sociedade com diversos intuitos: como componentes de alimentos fermentados, prolongar a vida útil de produtos e melhorar o valor nutritivo de alimentos (NOUT, AIDOO, 2002). No mundo cepas de *Penicillium sp* são utilizadas para produção de queijo, *Aspergillus oryzae* para produzir shoyo, *Monascus purpureus* é usado na produção de arroz vermelho na Ásia e a SCP produzida da biomassa de fungos filamentosos pode ser processada e utilizada como fonte de proteína, denominada micoproteína (MOORE, CHIU, 2001; SOUZA FILHO et al., 2019).

A United Nations (2019) estima que em 2050 a população mundial atinja 9.7 bilhões de indivíduos. Neste contexto, a Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) afirma que um aumento de 60% na demanda de proteínas alimentares deve ser atendido até

2050. Além disso, dietas alimentes como o “Flexitarianismo” vem em crescimento, visando uma redução no consumo de carne vermelha e a não ingestão de carnes processadas (SPRINGMANN et al., 2018).

Com crescentes preocupações, principalmente devido ao bem-estar animal, saúde humana e ambiental, alimentos análogos de carne tornaram-se um dos tópicos mais interessantes tanto na indústria de alimentos quanto na comunidade científica, dado o aumento na aceitação de fontes sustentáveis de proteínas, com ensaios clínicos randomizados sendo conduzidos para investigar os efeitos do seu consumo por seres humanos. Sendo a micoproteína uma fonte de proteína não derivada de animal já utilizada, mas ainda desconhecida em alguns âmbitos, é importante que os efeitos do seu consumo sejam esclarecidos.

2.REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Micoproteína

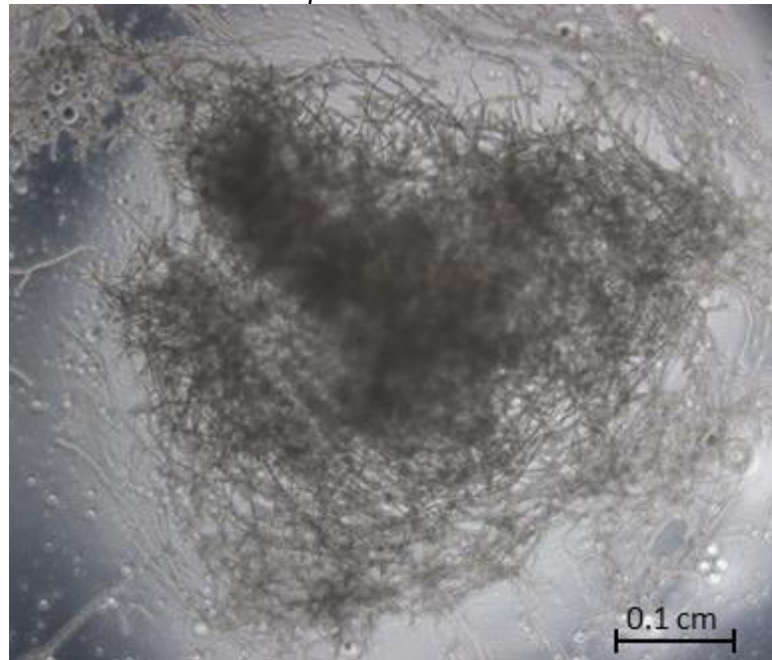
Micoproteína refere-se ao alimento proteico obtido da biomassa de fungos filamentosos que pode ser utilizado para consumo humano (SOUZA FILHO et al., 2019). Ela é produzida mais comumente a partir de membros do filo Ascomycota (ascomicetos), uma divisão do reino fungi e cultivada por fermentação (DERBYSHIRE, AYOOB, 2019). Esses fungos são chamados de filamentosos porque crescem na forma de estruturas tubulares longas e ramificadas conhecidas como hifas, que formam o micélio (RIQUELME et al., 2018) (Figura 1 e 2). Nas hifas, o principal componente da parede são a quitina (polímero de N-acetilglucosamina) frequentemente ligada a β -glucanos (MOORE et al., 2011) (Figura 3). Apesar de que muitos autores definirem micoproteína como sendo exclusivamente obtida do fungo *Fusarium venenatum*, por ser a espécie mais estudada e já utilizada para esta finalidade, outras espécies também estão sendo estudadas: *Aspergillus oryzae*, *Monascus purpureus*, *Neurospora intermedia*, *Paradendryphiella salina*, *Penicillium sclerotiorum* (recentemente renomeado para *P. maximae*) e um membro do filo Zygomycota, *Rhizopus oryzae* (SOUZA FILHO et al., 2018; MOURA et al., 2018; ROUSTA et al., 2021; LANDETA-SALGADO et al., 2021a; LANDETA-SALGADO et al., 2021b; YIN et al., 2021).

Figura 1 - A natureza filamentosa da micoproteína



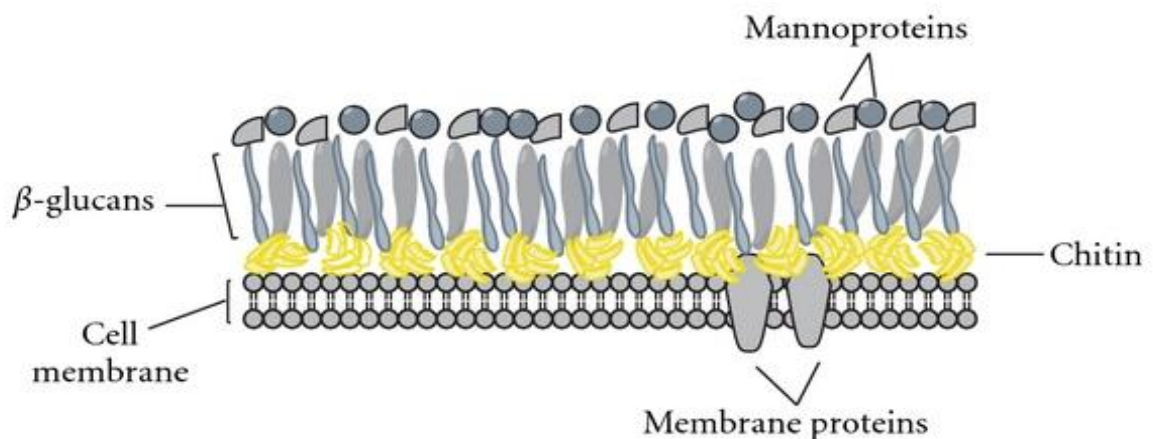
Fonte: FINNINGAN et al., 2011

Figura 2 - Micélio de *Neurospora intermedia* observado ao microscópio



Fonte: SOUZA FILHO, 2018

Figura 3 - Componentes da parede celular fúngica



Fonte: VEGA, KALKUM, 2012

A micoprotéina produzida pelo *Fusarium venenatum* é utilizada em produtos comercializados pela Marlow Foods (Reino Unido) com o nome de QuornTM, disponível na Europa, Estados Unidos (EU), Ásia e Austrália, sendo classificado como seguro pelo Food and Drug Administration (FDA) em 2002 (DENNY et al., 2008; FINNINGAN et al., 2017). Outras empresas recentemente demonstraram interesse nesta área, a start-up chamada The Better Meat Co. (THEBETTERMEATCO, 2018) (EU) utiliza batata como substrato para determinados micélios de fungos, fazendo com que ocorra a conversão de carboidratos em micoproteínas, apelidada de Rhiza, a Nature's Fynd com a FyTM (*Fusarium flavopalis*) (NATURE'SFYND, 2020) (EU), Mycorena (*A. oryzae*) na Suécia (MYCORENA, 2017), MycoTechnology

(*Lentinula edodes*, *Pleurotus ostreatus*, *Pleurotus eryngii*, *Lepista nuda*, *Hericiium erinaceus*, *Agaricus blazeii*, *Laetiporus sulfureus*) (MYCOTECHNOLOGY, 2012) (EU).

2.2 Perspectiva histórica

O primeiro uso de biomassa fúngica como alimento ocorreu na Alemanha durante a primeira guerra mundial, a levedura de *Saccharomyces cerevisiae* foi cultivada em melaço e sais de amônio para servir como suplemento proteico para substituir até 60% dos alimentos que a Alemanha importava antes da guerra (GABRIEL et al., 2014). Mais tarde, durante a Segunda Guerra Mundial, *Candida utilis* foi utilizada em como fonte de proteína para humanos e animais (Litchfield, 1983). O termo SCP foi dado pela primeira vez em 1968 em uma reunião realizada no Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT) para dar uma imagem melhor do que “proteína microbiana” e “petroproteína”, que eram os termos originalmente usados (ANUPAMA, RAVINDRA, 2000; MATELES, TANNENBAUM, 1968)

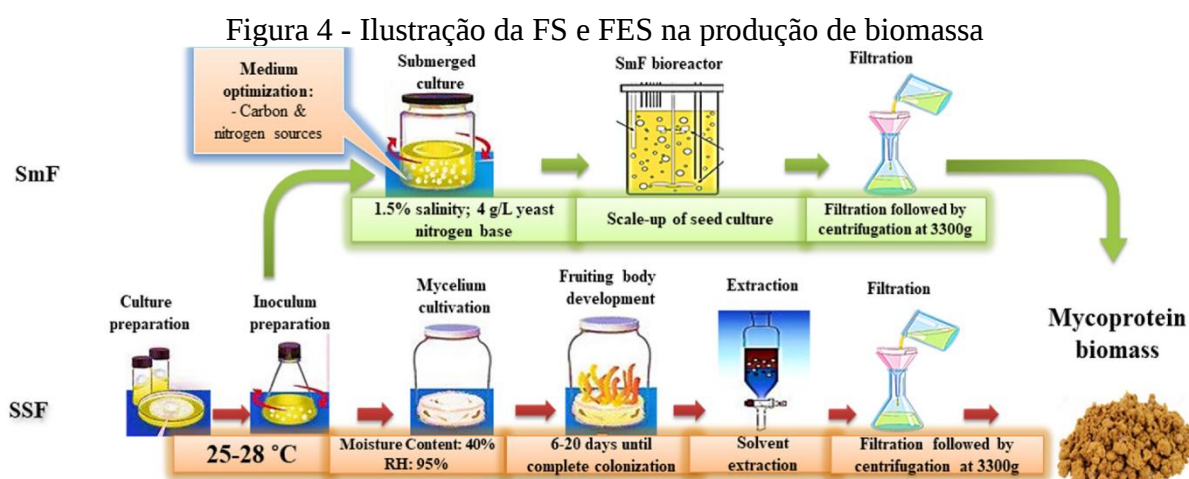
Em meados de 1960 a empresa britânica Rank Hovis McDougall (RHM), buscou desenvolver uma proteína microbiana que fosse palatável, barata, rica em proteínas e segura para consumo (AHMAD et al., 2022). A busca pelo microrganismo adequado resultou no isolamento e caracterização de uma cepa de *Penicillium* (C1) que possui um perfil de aminoácidos muito próximo da caseína. Porém, o projeto foi descontinuado devido à dificuldade de crescimento do *Penicillium notatum* em cultura contínua após 3 anos de trabalho (WHITTAKER et al., 2020).

Em 1967 a RHM iniciou uma nova busca, onde mais de 3.000 isolados fúngicos foram coletados de amostras de solo em todo o mundo e avaliados para vários parâmetros, como crescimento na cultura contínua, qualidade da proteína (teor de aminoácidos), pigmentos e produção de micotoxinas. Com base nesses parâmetros definidos, foram selecionados para conduzir os testes várias espécies de fungos, incluindo espécies de *Fusarium* (*Fusarium solani*, *Fusarium graminearum* e *Fusarium culmorum*), *Neurospora sitophila* e espécies de *Aspergillus* (AHMAD et al., 2022). No entanto, o organismo selecionado foi o *Fusarium graminearum* (A3/5) que demonstrou o nível mais alto de produção de proteína pura, um nível mais baixo de odor e toxicidade, além de ser adequado para o crescimento em fermentadores, ironicamente encontrado em jardim em Marlow, Buckinghamshire, a 4 milhas do centro de pesquisa onde o projeto foi sediado (FINNINGAN, 2017). Posteriormente, foi reclassificado como *Fusarium venenatum* (PTA 2684) (YODER e CHRISTIANSON, 1998)

2.3 Produção

Como dito anteriormente as SCP são obtidas pela fermentação, geralmente podem ser cultivadas em todos os sistemas de fermentação, como fermentação de estado sólido (FES),

semissólidas, submersas e culturas de superfície (HASHEMPOUR-BALTORK et al., 2020). Para a produção da biomassa dois métodos comumente empregados são a FES e a fermentação submersa (FS) (LANDETA-SALGADO et al., 2021a; 2021b) (Figura 4). No entanto, a seleção de microrganismos adequados, taxa de crescimento, substrato, tipo de fermentação, as condições ideais como pH, temperatura e requisitos de nutrientes (minerais e vitaminas como a biotina) são as principais variáveis ligadas à produção (HOSSEINI et al., 2009; SOUZA FILHO et al., 2018). O microrganismo adequado deve ser não patogênico, conter baixo percentual de ácidos ribonucleicos (RNA) e ser inócuo, visto que o alto consumo de RNA representa um problema a saúde humana, pois o alto consumo de purinas pode aumentar a concentração de ácido úrico, precursor de doenças como gota e cálculos renais (TRIVIYA et al., 2022; RITALA et al., 2017). Importante mencionar que o substrato deve conter principalmente carbono e nitrogênio de forma acessível ao microrganismo (SHARIF et al., 2021). Em relação à produção para consumo humano, o substrato utilizado deve ser de qualidade alimentar, no entanto, toneladas de alimentos desperdiçados são descartados anualmente, o que pode ser considerado uma boa fonte de nutrientes não utilizados (USMANI et al., 2021) (Tabela 1). A presença de compostos antimicrobianos nestes substratos deve ser considerada, pois podem inibir o crescimento e a produção de proteínas (SALAZAR-LOPÉZ et al., 2022). Um estudo relatou uma diminuição no rendimento devido à presença de limoneno, terpenos e canfeno contidos nas cascas de frutas cítricas. (KHAN et al., 2022).



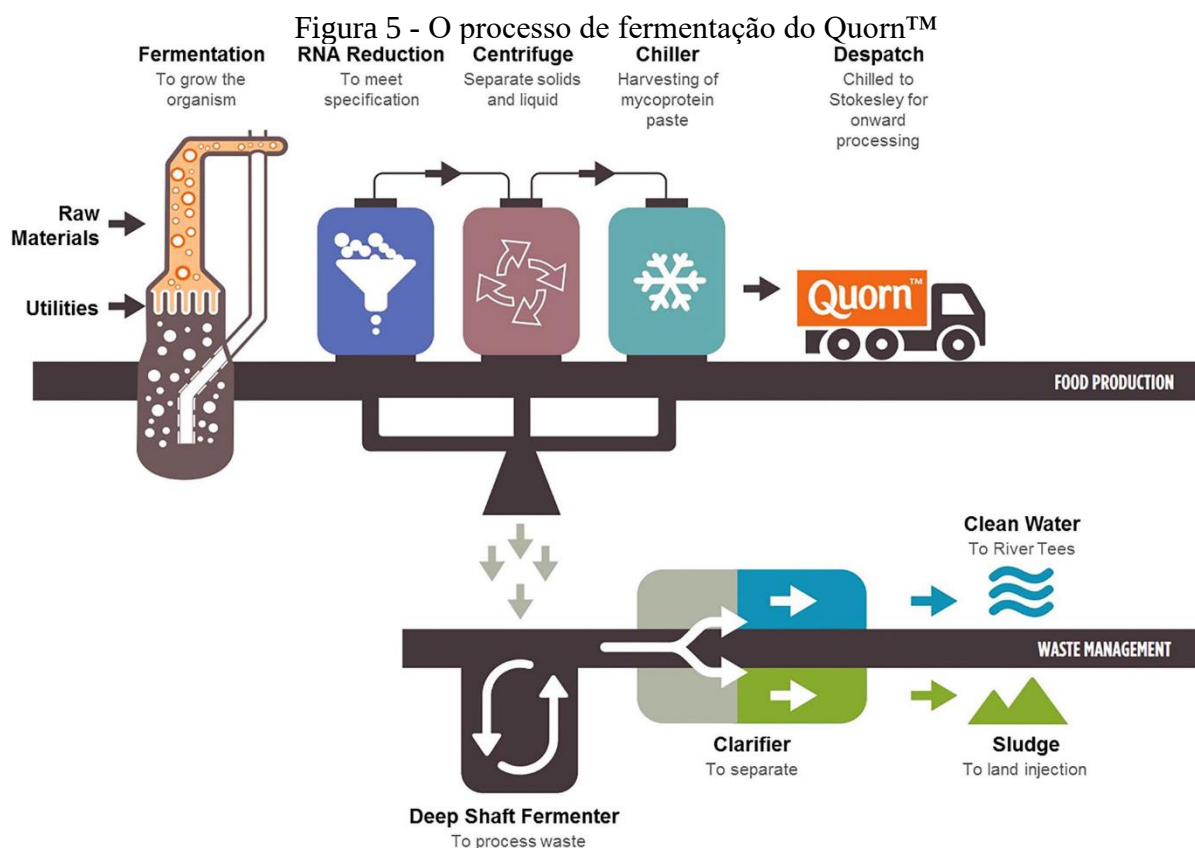
Fonte: AHMAD et al., 2022

A produção de micoproteína por FS envolve o crescimento de cepas fúngicas em um meio de crescimento com mais de 95% de teor de água com substrato, seguido de incubação e, em seguida, filtração das células microbianas e da biomassa de micoproteína suspensa no meio líquido, seguido de centrifugação, lavagem e secagem, resultando em pastas que lembram a textura de peito de frango ou massa de pão (REIHANI, KHOSRAVI-DARANI, 2019;

HASHEMPOUR-BALTORK et al., 2020). Estudos recentes extraíram biomassa de micoproteína usando FS de diferentes substratos, licor de proteína de batata (SOUZA FILHO et al., 2017) e resíduos de laranja, abacaxi, banana, melancia e pepino (OSHOMA, EGUAKUNOWIE, 2018).

Já a FES envolve o crescimento microbiano em materiais sólidos, mas o substrato requer umidade para suportar o crescimento e a atividade metabólica dos microrganismos, enquanto o FS utiliza de um meio líquido para o crescimento microbiano (THOMAS et al., 2013; CERDA et al., 2019). O nível de umidade adequado (60–65%) precisa ser mantido para obter o rendimento ideal (SINGHANIA et al., 2009). FES é tradicionalmente empregada para a produção de metabólitos, como enzimas, antibióticos, ácidos orgânicos, biossurfactantes, compostos aromáticos e flavorizantes para a indústria alimentícia. (WANG et al., 2010). Os microrganismos podem ser cultivados utilizando vários substratos, desde frutas, carboidratos até resíduos agroindustriais (GABRIEL et al., 2014).

A produção do QuornTM foi descrita na literatura por FINNINGAN et al (2017), as cepas de *Fusarium venenatum* são cultivadas por FS em um sistema de fluxo contínuo, utilizando biorreatores airlift, faixa de temperatura 28-30 °C e pH 6 (WIEBE, 2002). A biomassa fúngica obtida passa por uma etapa de redução de RNA durante a qual é submetida a um tratamento térmico a 72–74 °C por 30–45 min, para reduzir o conteúdo de RNA (abaixo de 2%) a um nível aceitável para consumo humano, onde é finalmente centrifugada para obtenção da biomassa seca (AHMAD et al., 2022). Além disso, a biomassa de micoproteína é submetida a uma série de etapas de vaporização, resfriamento e congelamento para obter uma textura semelhante à carne (Figura 5).



Fonte: /MEYER et al., 2020

Tabela 1 - Exemplos de estudos que utilizaram diferentes cepas de fungos e diferentes tipos de resíduos como substrato para produção de micoproteínas (ou SCP)

Referência	Título	Tipo de Cultura	Microrganismo	Substrato
Souza Filho et al. (2017)	Production of Edible Fungi from Potato Protein Liquor (PPL) in Airlift Bioreactor	Fermentação submersa (biorreator airlift)	<i>Rhizopus oryzae</i>	Licor de proteína de batata
Landeta-Salgado et al. (2021)	Valorization and upgrading of the nutritional value of seaweed and seaweed waste using the marine fungi <i>Paradendryphiella salina</i> to produce mycoprotein	Fermentação submersa	<i>Paradendryphiella salina</i>	Algas e resíduos de algas
Landeta-Salgado, Cicatiello, Lienqueo (2021)	Mycoprotein and hydrophobin like protein produced from marine fungi <i>Paradendryphiella salina</i> in submerged fermentation with green seaweed <i>Ulva</i> spp	Fermentação submersa	<i>Paradendryphiella salina</i>	<i>Ulva</i> sp. (algas verdes)
Reihani, Khosravi-Darani (2018)	Mycoprotein Production from Date Waste Using <i>Fusarium venenatum</i> in a Submerged Culture	Fermentação submersa	<i>Fusarium venenatum</i> IR372C	Tâmaras desperdiçadas

Oshoma, Eguakun- owie (2018)	Conversion of food waste to single cell protein using <i>Aspergillus Niger</i>	Fermentação submersa	<i>Aspergillus Niger</i>	Resíduos de laranja, abacaxi, banana, melancia e pepino
Abosiada et al. (2017)	Nutrient Enrichment of Agro-Industrial Waste Using Solid State Fermentation	Fermentação em estado sólido	<i>Trichoderma harzianum</i>	Cascas de manga, laranja, maçã, banana e tomate
Stoffel et al. (2019)	Production of edible mycoprotein using agroindustrial wastes: Influence on nutritional, chemical and biological properties	Fermentação em estado sólido	<i>Agaricus blazei</i> , <i>Auricularia fucosuccinea</i> e <i>Pleurotus albidus</i>	Grãos gastos de cervejaria (bagaço de cerveja) e bagaço de uva
Gmoser et al. (2020)	From stale bread and brewers spent grain to a new food source using edible filamentous fungi	Fermentação em estado sólido	<i>Neurospora intermedia</i> e <i>Rhizopus oryzae</i>	Pão velho e grãos gastos de cervejaria (bagaço de cerveja)
Souza Filho et al. (2018)	Vegan-mycoprotein concentrate from pea- processing industry byproduct using edible filamentous fungi	Cultura de superfície	<i>Aspergillus oryzae</i> , <i>Fusarium venenatum</i> , <i>Monascus purpureus</i> , <i>Neurospora intermedia</i> e <i>Rhizopus oryzae</i>	Ervilha
Aggelopoulos et al., 2014	Solid state fermentation of food waste mixtures for single cell protein, aroma volatiles and fat production	Fermentação em estado sólido	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> , <i>Kluyveromyces marxianus</i> e <i>kefir</i> sp.	Melaço, soro de queijo, grãos gastos de cervejaria (bagaço de cerveja), radículas de malte gastas, desperdícios de laranja e batata

FONTE: Autor, 2023

2.4 Valores nutricionais

As SCP são compostas basicamente de proteínas, que são 30-50% da biomassa fúngica quando cultivados com esta finalidade, contendo todos os AE, gorduras, carboidratos, ácidos nucleicos, água, vitaminas e minerais (ANUPAMA, RAVINDRA, 2000; GABRIEL et al., 2014; SHARIF et al., 2021). Sua proteína é rica em lisina e treonina, mas deficiente em cisteína e metionina, que são aminoácidos contendo enxofre (NASSERI et al., 2011). No entanto, como anteriormente mencionado essas porcentagens variam de acordo com o substrato utilizado para cada caso em condições ideais de crescimento. Estudos mostram que fatores como os métodos de colheita, secagem e processamento, também afetam os valores nutricionais das micoproteínas e suas composições (UPADHYAYA et al., 2016; REIHANI, KHOSRAVI-DARANI, 2018).

A composição nutricional da micoproteína produzida pelo *F. venenatum* é descrita na literatura como sendo rica em proteína de boa qualidade, alto teor de fibras e baixo teor de gorduras (DENNY et al., 2008). Edwards e Cummings (2010) conduziram um estudo utilizando micoproteína de *F. venenatum* em 5 mulheres com ileostomia, encontrando um índice químico de aminoácidos corrigido pela digestibilidade proteica (PDCAAS) de 0.996, muito próxima da pontuação máxima 1, que tem como padrão o leite e o ovo (HESS, SLAVIN, 2016). Sua gordura é composta em grande parte por ácidos graxos insaturados, predominantemente o ácido linoleico (ω -6) e linolênico (ω -3) (FINNINGAN et al., 2017). As fibras são derivadas da estrutura da hifa, mantida pela matriz quitina-glucanos com baixa solubilidade (88% insolúvel) (BOTTIN et al., 2016) (Tabela 2).

Tabela 2 - Composição da micoproteína *F. venenatum* (biomassa seca)

Componentes		g/100g micoproteína	g/100g proteína
Energia (Kcal)		340	
Proteína (g)		45	
Ácidos graxos (g)		13	
Fibras (g)		25	
Carboidratos (g)		10	
Cinzas (g)		3.4	
Aminoácidos	Lisina		8.3
	Metionina		2.1
	Treonina		5.5
	Triptofano		1.6
	Valina		6.2
	Leucina		8.6
	Isoleucina		5.2
	Fenilalanina		4.9
	Histidina		3.5
	Alanina		6.0
	Arginina		7.3
	Ácido aspártico		10.3
	Ácido glutâmico		12.5
	Glicina		4.5
	Cisteína		0.8
	Serina		5.1
	Tirosina		4.0
	Prolina		4.5
Composição de ácidos graxos	Palmítico (16:0)	1.3	
	Esteárico (18:0)	0.2	
	Oleico (18:1)	1.4	
	Linoleico (18:3)	4.3	
	Linolenico (18:3)	0.9	
Vitaminas (mg/kg)	Tiamina (B1)	0.4	
	Riboflavina (B2)	9	
	Niacina (B3)	14	
	Piridoxina (B6)	5	
	Ácido pantotênico (B5)	10	
	Ácido fólico (B9)	0.4	
	Biotina (B7)	0.6	

FONTE: FINNINGAN et al.,2017

3.OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Avaliar os efeitos da ingestão de micoproteínas por seres humanos comparado a outras fontes de proteínas a partir de evidências científicas.

3.2 Objetivos específicos

- Comparar a glicemia, insulinemia e níveis do colesterol de pessoas que fizeram a ingestão de micoproteínas com aquelas que utilizaram uma fonte animal de proteínas;
- Avaliar a capacidade de síntese de proteína muscular em pessoas que fizeram ingestão de micoproteínas;
- Identificar se houve alteração da microbiota intestinal em pessoas que fizeram ingestão de micoproteínas;

4. METODOLOGIA

Esse estudo representa uma revisão integrativa de ensaios clínicos publicados entre os anos de 2013 e 2023, indexados nas bases de dados eletrônicas PubMed e Cochrane Library. Foi utilizado como palavra-chave para a busca o termo “Mycoprotein” em ambas as bases de dados, tendo sido selecionados artigos escritos inteiramente em inglês.

O estudo foi baseado em uma pergunta norteadora: **“quais são as evidências sobre a ingestão de micoproteínas?”**. De acordo com essa pergunta foram estabelecidos os critérios para seleção das publicações. Após isso, os artigos foram analisados e selecionados quanto aos títulos, caso estivesse de acordo com a busca, eram separados para posteriormente serem avaliados pelo resumo. Em seguida, os artigos selecionados foram separados para que fosse realizada a sua leitura completa.

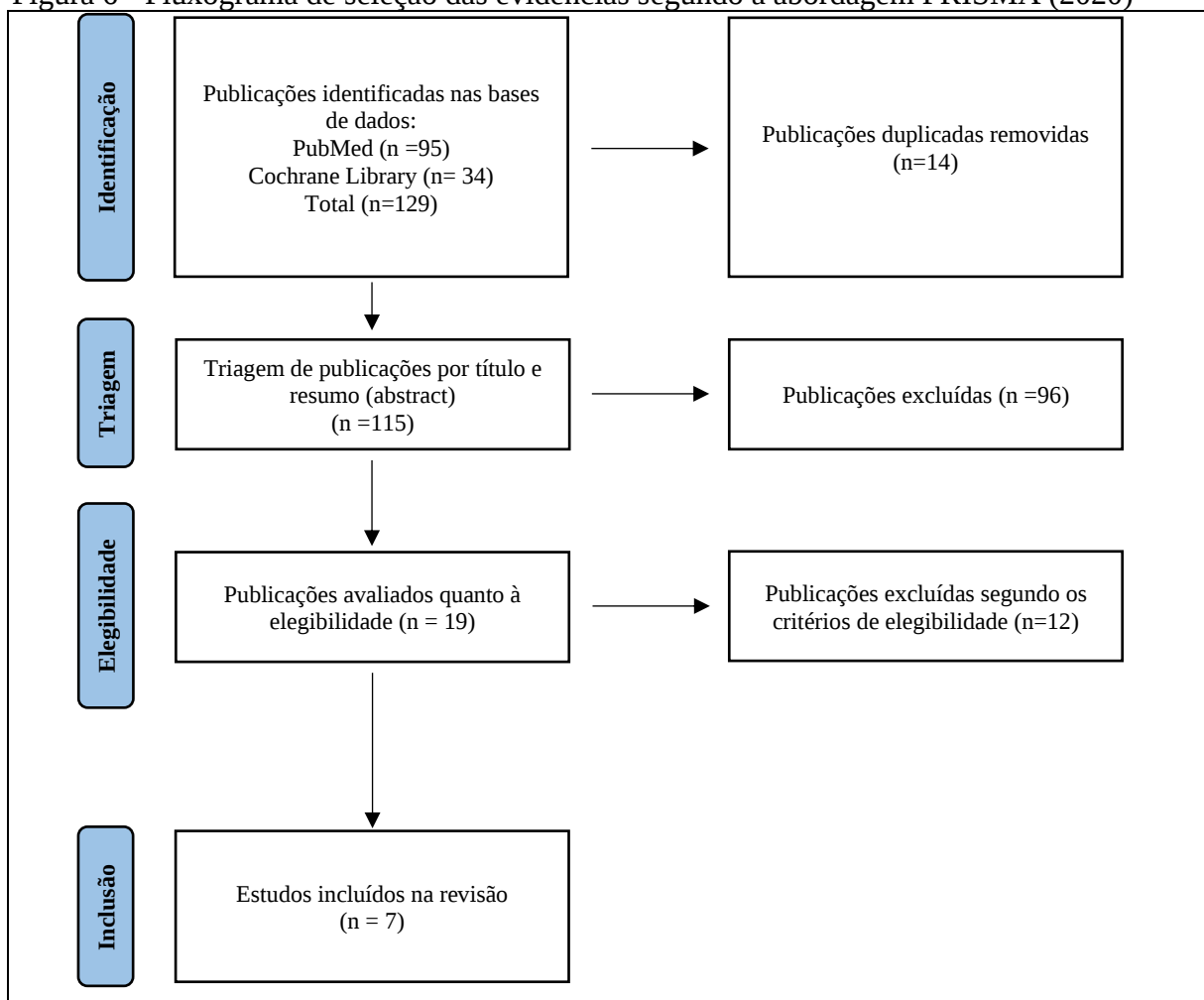
Foram selecionados estudos com desenho metodológico de ensaio clínico controlado, aleatório ou não, utilizando a abordagem Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) (PAGE et al., 2020), que atendessem aos seguintes critérios de inclusão: 1- avaliaram a ingestão de micoproteínas em qualquer forma; 2- compararam a ingestão de outra fonte de proteína; 3- que tiveram desfechos fisiológicos, como níveis de glicose, insulina, colesterol, síntese de proteína muscular ou microbiota intestinal; 4- publicados inteiramente em inglês. Não foram incluídos: 1- estudos que incluíam ensaio em animais; 2- revisões, resumo de conferências e palestras.

Este estudo dispensou a submissão ao Comitê de Ética em Pesquisa por se tratar de dados que estão sob domínio público, obedecendo, portanto, a Resolução nº 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram identificados inicialmente 129 registros de potenciais publicações nas bases de dados, após a remoção das duplicatas, restaram 115 para triagem e aplicação dos critérios de elegibilidade, que resultaram em 7 publicações elegíveis para esta revisão, conforme a Figura 6.

Figura 6 - Fluxograma de seleção das evidências segundo a abordagem PRISMA (2020)



Fonte: Autor, 2023

Após a análise destes ensaios clínicos incluídos para a construção desta seção, foram observados alguns pontos importantes. As amostras de voluntários eram formadas predominantemente por jovens adultos, sendo apenas 1 em idosos, com a maioria dos estudos recrutando homens e mulheres (4/7). Apesar de 2 estudos terem sido conduzidos em adultos com sobrepeso e/ou obesos e 4 em adultos com peso normal, todos os indivíduos eram saudáveis, sem doenças crônicas. Todos os ensaios foram conduzidos no Reino Unido, utilizaram micoproteína derivada do *Fusarium venenatum* e tiveram colaboração de algum funcionário da Marlow foodsTM ou patrocinado pela mesma (Tabela 3).

Tabela 3 - Ensaios identificados

Referência	Título	Local	Desenho do estudo	Amostra	Intervenção	Comparador	Parâmetro(s) contido	
				n	Características			
Bottin et al., 2016	Mycoprotein reduces energy intake and postprandial insulin release without altering glucagon-like peptide-1 and peptide tyrosine-tyrosine concentrations in healthy overweight and obese adults: a randomised-controlled trial	RU	Ensaio clínico controlado randomizado, simples cego	36	Adultos saudáveis com sobrepeso e obesos (Homens = 19; Mulheres =17)	Refeições de micoproteína (44g, 88g ou 132g)	Refeições isoenergéticas de frango/compatíveis em macronutrientes	Níveis de glicose; Níveis de insulina
Dunlop et al., 2017	Mycoprotein represents a bioavailable and insulinotropic non-animal-derived dietary protein source: a dose–response study	RU	Ensaio clínico randomizado simples-cego crossover	12	Homens jovens saudáveis	Bebidas contendo micoproteínas (20g, 40g, 60g ou 80g)	Bebida contendo 20g de proteína do leite	Níveis de glicose, Níveis de insulina, Resposta proteica
Monteyne et al., 2020	Mycoprotein ingestion stimulates protein synthesis rates to a greater extent than milk protein in rested and exercised skeletal muscle of healthy young men: a randomized controlled trial	RU	Ensaio clínico randomizado controlado, duplo-cego, grupos paralelos	20	Homens jovens saudáveis	Bebida contendo 70g de micoproteína (31,5 g de proteína: 2,5 g de leucina)	Bebida contendo 31 g de proteína do leite (26,2 g de proteína: 2,5 g de leucina)	Níveis de insulina, Resposta proteica
Monteyne et al., 2021	A mycoprotein based high-protein vegan diet supports equivalent daily myofibrillar protein synthesis rates compared with an isonitrogenous omnivorous diet in older adults: a randomized controlled trial	RU	Ensaio clínico randomizado controlado, grupos paralelos	19	Idosos saudáveis (Homens = 12; Mulheres = 7)	Dieta contendo micoproteína em forma de Quorn (1,8g por kg de massa corporal)	Dieta contendo proteínas de origem animal (1,8g por kg de massa corporal)	Resposta proteica
Coelho et al., 2021	Daily mycoprotein consumption for one week does not affect insulin sensitivity or glycaemic control but modulates the plasma lipidome in healthy adults: a randomised controlled trial	RU	Ensaio clínico randomizado controlado, grupos paralelos	20	Adultos saudáveis (Homens = 8 Mulheres = 12)	Dieta contendo micoproteína em forma de Quorn (1,2g por kg de massa corporal)	Dieta contendo proteínas de origem animal carnes/peixe (1,2g por kg de massa corporal)	Níveis de glicose Níveis de insulina Lipídeos plasmáticos

Farsi et al., 2023	Substituting meat for mycoprotein reduces genotoxicity and increases the abundance of beneficial microbes in the gut: Mycomeat, a randomised crossover control trial	RU	Ensaio clínico randomizado controlado, investigador cego	20	Homens adultos saudáveis	240g por dia de micoproteína em forma de Quorn	240g por dia de carne vermelha ou processada	Microbiota intestinal
Monteyne et al., 2023	Vegan and Omnivorous High Protein Diets Support Comparable Daily Myofibrillar Protein Synthesis Rates and Skeletal Muscle Hypertrophy in Young Adults	RU	Ensaio clínico randomizado controlado, aberto, grupos paralelos	22	Adultos jovens saudáveis (Homens= 11 Mulheres= 11)	Dieta contendo micoproteína em forma de Quorn (1,8g por kg de massa corporal)	Dieta contendo proteínas de origem animal (1,8g por kg de massa corporal)	Resposta proteica

FONTE: Autor,2023

5.1 Glicemia, insulinemia e níveis do colesterol de pessoas que fizeram a ingestão de micoproteínas

5.1.1 Glicemia

Bottin et al. (2016) realizaram seu estudo em adultos com sobrepeso e obesidade saudáveis, índice de massa corpórea (IMC) 25-32kg/m² não encontraram nenhuma diferença significativa nos níveis de glicose depois que eles foram alimentados com refeições contendo baixo (44g), médio (88g) ou alto (132g) teor de micoproteínas em comparação com uma refeição de frango com energia e macronutrientes correspondentes.

Dunlop et al. (2017) realizaram o estudo em homens adultos saudáveis com sobrepeso, utilizando bebidas com 20g de proteína do leite e doses crescentes de micoproteína (20g, 40g, 60g e 80g), descreveram na publicação a glicemia nas fases em jejum, pós-prandial inicial (0-120 min) e pós-prandial tardia (120-240 min) após as intervenções, demonstrando evidências de redução da glicose nas fases pós-prandial tardia, porem a publicação não continha a análise estatística e nem a discussão destes dados.

Coelho et al. (2021) observaram em adultos saudáveis nenhuma diferença significativa nos níveis de glicose, cálculo da área incremental sob a curva (IAUC) quando comparados aos controles, os participantes consumiram dietas (Almoço e jantar) contendo 1,2 g de proteína por kg de peso corporal por dia, contendo refeições com micoproteínas (Quorn) ou contendo proteína animal de carnes e peixes como controle durante 1 semana.

5.1.2 Insulinemia

Bottin et al. (2016) demonstraram que refeições de micoproteína contendo 44g, 88g ou 132g reduziram significativamente as concentrações de insulina em comparação com as refeições correspondentes de frango (IAUC0-180 min) em adultos com sobrepeso, com os resultados relatados sendo -8% (IAUC em 44g), -12% (IAUC em 88g) e -21% (IAUC em 132g). Neste trabalho também foi relatado medidas do índice de Matsuda aumentados (medida da sensibilidade à insulina) e índice insulínogênico reduzido (medida da produção de insulina) de micoproteína em comparação com ingestão de frango com energia e macronutrientes correspondentes. Esses achados sugerem que a ingestão de micoproteína pode aumentar a sensibilidade à insulina.

Dunlop et al. (2017) avaliaram a resposta geral de insulina pós-prandial de maneira dose-resposta, apontando que a bebida com 40 g de micoproteínas induziu uma resposta de insulina (IAUC0-240 min) mais lenta e mais longa que a bebida com 20g de proteína do leite, contendo 18g e 16 g de proteína respectivamente, apenas a bebida com 20 g de micoproteínas

teve um efeito menor comparado com as outras intervenções, sugerindo que essas fontes de proteína produzem efeitos semelhantes na insulina pós-prandial para teores compatíveis de proteína.

Monteyne et al. (2020) realizou o estudo em homens adultos saudáveis, utilizando bebidas com 31g de proteína do leite e 70g de micoproteínas, contendo 26.5g e 31g de proteína respectivamente, relatando um aumento mais lento e mais sustentado nas concentrações séricas de insulina (IAUC) 30 minutos após a ingestão da bebida de micoproteína, que retornaram à linha de basal mais lentamente em comparação com a proteína do leite, que teve seu pico aos 15 minutos, a IAUC da insulina sérica pós-prandial não foi diferente entre as condições.

Coelho et al. (2021) reportou nenhuma diferença na insulina sérica (IAUC) entre os grupos, controle e intervenção. Neste trabalho também foram realizadas medidas de sensibilidade à insulina, utilizando 5 diferentes índices: Matsuda, HOMA-IR, Cederholm, GUTT e OGIS, reportando nenhuma diferença entre os grupos.

Apesar da baixa quantidade de ensaios clínicos e uma grande heterogeneidade entre eles, os dados sugerem a ingestão de micoproteína não teve nenhum efeito claro na glicemia e teve um efeito regulador de insulina em adultos com sobrepeso. Em um ensaio *in vitro* foi sugerido que pelas características da parede celular fúngica presentes na micoproteína, haveria um efeito reduzido na ação da enzima α -amilase durante a digestão, que poderia ter relação com os resultados encontrados na modulação da glicemia (COLOSIMO et al., 2020). A condução de estudos em indivíduos com diabetes pode corroborar a determinar se existe algum efeito regulador na resposta insulinêmica.

5.1.3 Níveis de colesterol

Coelho et al. (2021) analisaram o perfil lipídico em amostras de sangue utilizando ressonância magnética nuclear, relatando que em 45 concentrações lipídicas de diferentes frações de lipoproteínas, houveram reduções significativas após as intervenções em indivíduos que consumiram uma dieta contendo micoproteína (Quorn) comparada a uma dieta predominantemente de proteína animal. Demonstrando um efeito promissor na redução dos níveis de colesterol livre (13,99%) e no colesterol total (14,28%), incluindo lipoproteínas de muito baixa densidade (VLDL), lipoproteínas de densidade intermediária (IDL), lipoproteínas de baixa densidade (LDL) e lipoproteínas de alta densidade (HDL), houve também uma redução nas concentrações de ω -3 e ácido docosahexaenóico (DHA), em 17,26% e 17,53% respectivamente.

Altas concentrações de colesterol total e LDL estão ligadas ao aumento da mortalidade por DCV (JUNG et al., 2022), então a redução nestas concentrações de colesterol exercem um

efeito benéfico para o ser humano. Dados epidemiológicos mostram que no Brasil as DCV são a causa número 1 de mortes (OLIVEIRA et al., 2022). Esta redução nos níveis de colesterol pode estar associada a altas concentrações de fibras da micoproteína, onde existem evidências que o consumo de fibras acarreta na redução nos níveis de colesterol (WEICKERT, PFEIFFER, 2008). O mecanismo que pode explicar este efeito redutor é pelo ácido graxo de cadeia curta (AGCC) propionato, onde há sugestões de que o propionato pode alterar a síntese de colesterol (MACFARLANE, MACFARLANE, 2012). Os AGCCs: acetato, propionato e butirato são os principais metabólitos produzidos no cólon pela fermentação bacteriana de fibras dietéticas (PASCALE et al., 2018). Farsi et al. (2023) reportou no seu estudo um aumento nas concentrações fecais de AGCCs ($p=0.17$), que incluíam o acetato, propionato, butirato, valerato e hexanoico, nos participantes durante a fase de ingestão de micoproteína.

5.2 Síntese de proteína muscular em pessoas que fizeram ingestão de micoproteínas

Dunlop et al. (2017) demonstrou que a ingestão de bebidas contendo 40g, 60 g e 80g de micoproteína, aumentaram os níveis de aminoácidos no sangue (AUC), com pico entre 45 e 120min, e manteve os níveis acima dos de jejum até 240min, o consumo de leite apresentou um pico no nível de aminoácidos 30min após a ingestão e retornaram aos níveis de jejum após 45min. A biodisponibilidade de aminoácidos foi equivalente entre as intervenções com 40g de micoproteína e 20g de proteína do leite, aumentando de uma maneira dose resposta ($80g>60g>40g>20g$), considerado suficiente para a estimulação ideal das taxas de síntese de proteínas musculares.

Monteyne et al. (2020) relataram concentrações mais altas de ACR plasmáticos ($791 \mu\text{mol/L}$) após a ingestão de proteína do leite em comparação com a micoproteína ($646 \mu\text{mol/L}$), porém as concentrações de isoleucina e valina não diferiram entre as intervenções, na qual os participantes receberam 31 g contendo 26,2 g de proteína e 2,5 g de leucina de proteína do leite, ou 70 g com 31,5 g de proteína e 2,5 g de leucina de micoproteína após um exercício resistido unilateral. Neste estudo também foi relatado que a micoproteína estimulou a síntese de proteínas musculares em repouso e pós-exercício em taxas mais altas.

Monteyne et al. (2021) realizaram o estudo em idosos e relataram nenhuma diferença na síntese de proteínas musculares em repouso ou após exercício resistido, utilizando como intervenções dietas contendo 1,8g de proteína por kg de peso corporal/dia, sendo elas uma predominantemente derivadas de animais (frango, porco e laticínios), incluindo suplementação de proteína do leite, ou fontes de proteína exclusivamente derivadas de alimentos veganos (Quorn), incluindo suplementação de micoproteína, com duração de 3 dias.

Utilizando as mesmas intervenções do estudo citado anteriormente, mas com um maior tempo de intervenção, desta vez o estudo teve uma duração de 10 semanas, Monteyne et al. (2023) observaram em jovens adultos nenhuma diferença nas taxas de síntese de proteína miofibrilar, seja em repouso ou após exercício resistido.

É importante citar que Bottin et al. (2016) relataram no estudo que a excreção de ácido guanidinoacético (GAA) na urina foi superior ao consumir micoproteína em relação ao frango. O GAA é um precursor da creatina e um substrato essencial para o metabolismo energético muscular, que pode ter relação com a regulação do apetite (JORDI et al., 2013).

A proteína animal tende a ter um efeito mais favorável na síntese de proteína muscular em comparação com a proteína vegetal (LIM et al., 2021). Como já citado anteriormente, a ingestão de proteínas da soja e trigo resultam em uma menor biodisponibilidade de AE e ACR especialmente a leucina (GORISSEN et al., 2016). Dito isto, a micoproteína parece ser uma fonte promissora de proteínas, fornecendo aminoácidos essenciais biodisponíveis que igualam as taxas de síntese de proteína muscular das proteínas de fonte animal.

5.3 Alterações da microbiota intestinal em pessoas que fizeram a ingestão de micoproteínas

Farsi et al. (2023) investigaram em homens adultos saudáveis o efeito da substituição de uma dieta rica em carne vermelha e processada por micoproteína (Quorn), ambas com 240g/dia dessas fontes de proteína, em marcadores relacionados à saúde intestinal e na genotoxicidade do líquido fecal, o estudo teve duração de 8 semanas. Os resultados demonstraram que a ingestão de carne aumentou a abundância de *Oscillibacter* e *Alistipes*, enquanto o consumo de micoproteínas aumentou *Lactobacillus* e *Roseburia*, apontado como uma mudança benéfica para a microbiota intestinal. A dieta à base de carne também aumentou a genotoxicidade da água fecal (potencial de uma amostra de água fecal para induzir quebras de fita dupla e simples no DNA) e a excreção de compostos nitrosos, enquanto no consumo de micoproteína houve redução em ambos.

A microbiota intestinal é uma parte muito necessária às funções do ser humano, que pode ser considerada como um órgão (O'HARA, SHANAHAN, 2006). Estudos recentes sugerem que a *Roseburia* tem um efeito generalizado na prevenção da inflamação intestinal e na manutenção da homeostase energética com base em seus metabólitos, sendo mais relacionados ao butirato e a flagelina (NIE et al., 2021). Os *Lactobacillus* já são comumente associados a efeitos benéficos, evidências sugerem que eles desempenham um papel essencial na manutenção da mucosa intestinal, produzindo L-ornitina da arginina (QI et al., 2021). Os achados na literatura sobre *Alistipes* são inconclusivos, sendo associada tanto a efeitos

benéficos e maléficos (PARKER et al., 2020). *Ocilibacter* é outro gênero com evidências inconclusivas, estudos a relacionam como fator negativo na obesidade e outros com efeito positivo na perda de peso (BISCHOFF et al., 2022).

6. CONCLUSÃO

Com este trabalho foi possível observar que a micoproteína possui qualidades suficientes para ser incluída na ingestão diária recomendada de proteínas, com efeitos nos níveis de glicose, insulina e síntese proteica que se igualam quando comparadas a fontes de proteína de origem animal. Também possuindo evidências na redução nos níveis de colesterol e efeitos positivos na microbiota intestinal, com o aumento de microrganismos com efeitos benéficos como o *Lactobacillus*. É importante ressaltar que as evidências são originárias de um número pequeno de estudos heterogêneos, estudos maiores e mais longos são necessários para investigar melhor estes efeitos, ainda além, a condução de estudos com populações diversas para elucidação dos efeitos alérgicos.

Por fim, a investigação de processos alternativos para produção de proteínas de origem fúngica, utilizando resíduos agroindustriais como substrato e novas cepas com maiores eficiências, pode ser um novo capítulo para pesquisas futuras na área de biotecnologia colaborando também com o meio ambiente.

REFERÊNCIAS

- ANUPAMA; RAVINDRA, P. **Value-added food: single cell protein**. *Biotechnology advances*, v. 18, n. 6, p. 459–479, 2000. [https://doi.org/10.1016/s0734-9750\(00\)00045-8](https://doi.org/10.1016/s0734-9750(00)00045-8)
- AGGELOPOULOS, T., KATSIERIS, K., BEKATOROU, A., PANDEY, A., BANAT, I. M., & KOUTINAS, A. A. (2014). **Solid state fermentation of food waste mixtures for single cell protein, aroma volatiles and fat production**. *Food chemistry*, v. 145, p. 710–716, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.07.105>
- ABOSIADA, O. A., NEGM, M. S., BASIOUNY, M. E., FOUAD, M. A., & ELAGROUDY, S. **nutrient enrichment of agro–industrial waste using solid state fermentation**. *Microbiology Research Journal International*, v. 22, n. 1, p. 1-11, 2017. <https://doi.org/10.9734/MRJI/2017/36125>
- AHMAD, M. I; FAROOQ, S; ALHAMOUD, Y; LI, C; ZHANG, H. **A review on mycoprotein: history, nutritional composition, production methods, and health benefits**, *Trends in Food Science & Technology*, v. 121, p. 14-29, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.01.027>
- BOLAND, M; RAE, A; VEREIJKEN, J; MEUWISSEN, M. P. M; FISCHER, A. R. H; VAN BOEKEL, M. A. J. S; RUTHERFURD, S. M; GRUPPEN, H; MOUGHAN, P. J; HENDRIKS, W. H. **The future supply of animal-derived protein for human consumption**. *Trends in Food Science and Technology*, p. 29, p. 62-73, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2012.07.002>
- BOTTIN, J. H; SWANN, J. R; CROPP, E; CHAMBERS, E. S; FORD, H. E; GHATEI, M. A; FROST, G. S. **Mycoprotein reduces energy intake and postprandial insulin release without altering glucagon-like peptide-1 and peptide tyrosine-tyrosine concentrations in healthy overweight and obese adults: a randomised-controlled trial**. *The British journal of nutrition*, v. 116, n. 2, p. 360-374, 2016. <https://doi.org/10.1017/S0007114516001872>
- BISCHOFF, S. C; NGUYEN, N. K; SEETHALER, B; BEISNER, J; KÜGLER, P; STEFAN, T. **Gut microbiota patterns predicting long-term weight loss success in individuals with obesity undergoing nonsurgical therapy**. *Nutrients*, p. 14, n. 15, a. 3182, 2022. <https://doi.org/10.3390/nu14153182>
- BHANDARI, B; LIU, Z; LIN, S; MACNIVEN, R.; AKOMBI-INYANG, B.; HALL, J; FENG, X; SCHUTTE, A. E; XU, X. **Long-term consumption of 10 food groups and cardiovascular mortality: a systematic review and dose response meta-analysis of prospective cohort studies**. *Advances in nutrition*, Maryland, v. 14, p. 55–63, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.advnut.2022.10.010>
- COLOSIMO, R; WARREN, F. J; FINNIGAN, T. J. A; WILDE, P. J. **Protein bioaccessibility from mycoprotein hyphal structure: in vitro investigation of underlying mechanisms**. *Food chemistry*, v. 330, a. 127252, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127252>

CERDA, A; ARTOLA, A; BARRENA, R; FONT, X; GEA, T; S'ANCHEZ, A. (2019). **Innovative production of bioproducts from organic waste through solid-state fermentation.** *Frontiers in Sustainable Food Systems*, v. 3, n. 63. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2019.00063>

COELHO, M. O. C; MONTEYNE, A. J; DIRKS, M. L; FINNIGAN, T. J. A; STEPHENS, F. B; WALL, B. T. **Daily mycoprotein consumption for 1 week does not affect insulin sensitivity or glycaemic control but modulates the plasma lipidome in healthy adults: a randomised controlled trial.** *The British journal of nutrition*, v. 125, n. 2, p. 147-160, 2021. <https://doi.org/10.1017/S0007114520002524>

DENNY, A; AISBITT, B; LUNN, J. **Mycoprotein and health.** *Nutrition Bulletin*, v. 33, p. 298-310, 2008. <https://doi.org/10.1111/j.1467-3010.2008.00730.x>

DUNLOP, M. V; KILROE, S. P; BOWTELL, J. L; FINNIGAN, T. J. A; SALMON, D. L; WALL, B. T. **Mycoprotein represents a bioavailable and insulinotropic non-animal-derived dietary protein source: a dose-response study.** *The British journal of nutrition*, v. 118, n. 9, p. 673-685, 2017. <https://doi.org/10.1017/S0007114517002409>

DERBYSHIRE, E; AYOOB, K. T. **Mycoprotein: nutritional and health properties.** *Nutrition Today*, v. 54, n. 1, p 7-15, 2019. <http://doi.org/10.1097/NT.0000000000000316>.

EDWARDS, D. G; CUMMINGS, J. H. **The protein quality of mycoprotein.** *Proceedings of the Nutrition Society*, vol. 69, n. OCE4, p. E331, 2010. <https://doi.org/10.1017/S0029665110001400>

FAO. **How to Feed the World in 2050.** *High-Level Expert Forum*, Roma, 2009. Disponível em: https://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues_papers/HLEF2050_Global_Agriculture.pdf. Acesso em: 25 de março de 2023.

FINNIGAN, T. **Mycoprotein: origins, production and properties,** *Handbook of Food Proteins*, p. 335-352, 2011. <https://doi.org/10.1533/9780857093639.335>

FINNIGAN, T; NEEDHAM, L; ABBOTT, C. **Mycoprotein: A healthy new protein with a low environmental impact.** *In Sustainable protein sources*, p. 305-325, 2017. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802778-3.00019-6>.

FARSI, D. N; GALLEGOS, J. L; KOUTSIDIS, G; NELSON, A; FINNIGAN, T. J. A; CHEUNG, W; MUÑOZ-MUÑOZ, J. L; COMMANE, D. M. **Substituting meat for mycoprotein reduces genotoxicity and increases the abundance of beneficial microbes in the gut: Mycomeat, a randomised crossover control trial.** *European journal of nutrition*, v. 62, n. 3, p. 1479-1492, 2023. <https://doi.org/10.1007/s00394-023-03088-x>

GABRIEL, A. Y; VICTOR, N; PREEZ, J. C. **Cactus pear biomass, a potential lignocellulose raw material for single cell protein production (SCP): a review.** *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, v. 3, p. 171-197, 2014.

GORISSEN, S. H., HORSTMAN, A. M., FRANSSSEN, R., CROMBAG, J. J., LANGER, H., BIERAU, J., RESPONDEK, F., & VAN LOON, L. J. **Ingestion of wheat protein increases in vivo muscle protein synthesis rates in healthy older men in a randomized trial.** *The Journal of nutrition*, v. 146, n. 9, p. 1651–1659, 2016. <https://doi.org/10.3945/jn.116.231340>

GMOSER, R; FRISTEDT, R; LARSSON, K; UNDELAND, I; TAHERZADEH, M. J; LENNARTSSON, P. R. **From stale bread and brewers spent grain to a new food source using edible filamentous fungi.** *Bioengineered*, v. 11, p. 582–598, 2020. <https://doi.org/10.1080/21655979.2020.1768694>

HOSSEINI, S.M; KHOSRAVI-DARANI, K; MOHAMMADIFAR, M.A.; NIKOOPOUR, H. (2009). **Production of mycoprotein by *Fusarium venenatum* growth on modified vogel medium.** *Asian Journal of Chemistry*, v. 21, p. 4017-4022, 2009.

HESS, J; SLAVIN, J. **Defining "protein" foods.** *Nutrition today*, p. 51, n. 3, p. 117-120, 2016. <https://doi.org/10.1097/NT.0000000000000157>

HASHEMPOUR-BALTORK, F; KHOSRAVI-DARANI, K; HOSSEINI, H; FARSHI, P; FATEMEH, S; REIHANI, S. **Mycoproteins as safe meat substitutes.** *Journal of Cleaner Production*, v. 253, a. 119958, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.119958>.

ISMAIL, I; HWANG, Y. H; JOO, S. T. **Meat analog as future food: a review.** *Journal of animal science and technology*, v. 62, n. 2, p. 111–120, 2020. <https://doi.org/10.5187/jast.2020.62.2.111>

JORDI, J; HERZOG, B; CAMARGO, S. M; BOYLE, C. N; LUTZ, T. A; VERREY, F. **Specific amino acids inhibit food intake via the area postrema or vagal afferents.** *The Journal of physiology*, v. 591, n. 22, p. 5611–5621, 2013. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2013.258947>

JUNG, E; KONG, S. Y; RO, Y. S; RYU, H. H; SHIN, S. D. **Serum cholesterol levels and risk of cardiovascular death: a systematic review and a dose-response meta-analysis of prospective cohort studies.** *International journal of environmental research and public health*, v. 19, n. 14, a. 8272, 2022. <https://doi.org/10.3390/ijerph19148272>

KHAN, M. K. I; ASIF, M; RAZZAQ, Z. U; NAZIR, A; MAAN, A. A. **Sustainable food industrial waste management through single cell protein production and characterization of protein enriched bread.** *Food Bioscience*, v. 46, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101406>.

LITCHFIELD, J.H. **Single-cell protein.** *Science*, v. 219, p. 740-746, 1983. <https://doi.org/10.1126/science.219.4585.740>

LARSSON, S. C; ORSINI, N. **Red meat and processed meat consumption and all-cause mortality: a meta-analysis.** *American journal of epidemiology*, v. 179, n. 3, p. 282–289, 2014. <https://doi.org/10.1093/aje/kwt261>

LANDETA-SALGADO, C; MUNOZ, R; BLANCO, A; LIENQUEO, M. E. **Valorization and upgrading of the nutritional value of seaweed and seaweed waste using the marine fungi *Paradendryphiella salina* to produce mycoprotein.** *Algal Research*, v. 53, 2021a. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2020.102135>

LANDETA-SALGADO, C; CICATIELLO, P; LIENQUEO, M. E. **Mycoprotein and hydrophobin like protein produced from marine fungi *Paradendryphiella salina* in submerged fermentation with green seaweed *Ulva* spp.** *Algal Research*, v. 56, 2021b. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2021.102314>

LIM, M. T; PAN, B. J; TOH, D. W. K; SUTANTO, C. N; KIM, J. E. **Animal protein versus plant protein in supporting lean mass and muscle strength: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials.** *Nutrients*, v. 13, n. 2, a. 661, 2021. <https://doi.org/10.3390/nu13020661>

MATELES, R. I; TANNENBAUM, S. R. **Single-cell protein.** *Economic Botany*, v. 22, n. 1, p. 42-50, 1968. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/4252926>. Acessado em 14 de abril de 2023.

MOORE, D; CHIU, S. W. **Fungal products as food.** *Bio-Exploitation of Filamentous Fungi*, p. 223-251, 2001.

MOORE D; ROBSON, G. D; TRINCI, A. P. J; **Fungal cell biology. 21st century guidebook to fungi.** *Cambridge University Press*, p. 104-172, 2011.

MACFARLANE, G. T; MACFARLANE, S. (2012). **Bacteria, colonic fermentation, and gastrointestinal health.** *Journal of AOAC International*, p. 95, n. 1, p. 50-60, 2012. https://doi.org/10.5740/jaoacint.sge_macfarlane

MYCOTECHNOLOGY. **MycoTechnology**, 2012. Disponível em: <https://www.mycoiq.com>. Acesso em: 23 de março de 2023

MYCORENA. **Mycorena**, 2017. Disponível em: <https://mycorena.com/>. Acesso em: 23 de março de 2023.

MOURA M; PASCHOAL F; TAKAHASHI J. **Penicillium Sclerotiorum Biomass as a Potential Food Product**, *Chemical Engineering Transactions*, v. 64, p. 13-18, 2018.

MEYER, V; BASENKO, E. Y; BENZ, J. P; BRAUS, G. H; CADDICK, M. X; CSUKAI, M; DE VRIES, R. P; ENDY, D; FRISVAD, J. C; GUNDE-CIMERMAN, N; HAARMANN, T; HADAR, Y; HANSEN, K; JOHNSON, R. I; KELLER, N. P; KRAŠEVEC, N; MORTENSEN, U. H; PEREZ, R; RAM, A. F. J; RECORD, E; ROSS, P; SHAPAVAL, V; STEINIGER, C; VAN DEN BRINK, H; VAN MUNSTER, J; YARDEN, O; WÖSTEN, H. A. B. **Growing a circular economy with fungal biotechnology: a white paper.** *Fungal biology and biotechnology*, v. 7, n. 5, 2020. <https://doi.org/10.1186/s40694-020-00095-z>

MONTEYNE, A. J; COELHO, M. O. C; PORTER, C; ABDELRAHMAN, D. R; JAMESON, T. S. O; JACKMAN, S. R; BLACKWELL, J. R; FINNIGAN, T. J. A; STEPHENS, F. B; DIRKS, M. L; WALL, B. T. **Mycoprotein ingestion stimulates protein synthesis rates to a greater extent than milk protein in rested and exercised skeletal muscle of healthy young men: a randomized controlled trial.** *The American journal of clinical nutrition*, v. 112, n. 2, 318-333, 2020. <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqaa092>

MONTEYNE, A. J; DUNLOP, M. V; MACHIN, D. J; COELHO, M. O. C; PAVIS, G. F; PORTER, C; MURTON, A. J; ABDELRAHMAN, D. R; DIRKS, M. L; STEPHENS, F. B; WALL, B. T. **A mycoprotein-based high-protein vegan diet supports equivalent daily myofibrillar protein synthesis rates compared with an isonitrogenous omnivorous diet in older adults: a randomised controlled trial.** *The British journal of nutrition*, p. 126, n. 5, p. 674-684, 2021. <https://doi.org/10.1017/S0007114520004481>

MONTEYNE, A. J; COELHO, M. O. C; MURTON, A. J; ABDELRAHMAN, D. R; BLACKWELL, J. R; KOSCIEN, C. P; KNAPP, K. M; FULFORD, J; FINNIGAN, T. J. A; DIRKS, M. L; STEPHENS, F. B; WALL, B. T. **Vegan and omnivorous high protein diets support comparable daily myofibrillar protein synthesis rates and skeletal muscle hypertrophy in young adults.** *The Journal of nutrition*, S0022-3166, n. 23, p. 12680-0. <https://doi.org/10.1016/j.tjnut.2023.02.023>

NOUT, M.J.R; AIDOO, K.E. **Asian fungal fermented food.** *Industrial Applications*, V. 10, p. 23-47, 2002. https://doi.org/10.1007/978-3-642-11458-8_2.

NASSERI, A.T; RASOUL-AMINI, S; MOROWVAT, M. H; GHASEMI, Y. **Single cell protein: production and process.** *American Journal of Food Technology*, v. 6, p. 103-116, 2011.

NIE, K.; MA, K; LUO, W; SHEN, Z; YANG, Z; XIAO, M; TONG, T; YANG, Y; WANG, X. **Roseburia intestinalis: a beneficial gut organism from the discoveries in genus and species.** *Frontiers in cellular and infection microbiology*, v. 11, a. 757718, 2021. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2021.757718>

NATURES'S FYND. **Nature's Fynd**, 2020 Disponível em: <https://www.naturesfynd.com/>. Acesso em: 23 de março de 2023

O'HARA, A. M; SHANAHAN, F. **The gut flora as a forgotten organ.** *EMBO reports*, v. 7, n. 7, p. 688-693, 2006. <https://doi.org/10.1038/sj.embor.7400731>

OSHOMA, C; EGUAKUN-OWIE, S. **Conversion of food waste to single cell protein using Aspergillus Niger.** *Journal of Applied Sciences & Environmental Management*, v. 22, n. 3, p. 350–355, 2018. <https://doi.org/10.4314/jasem.v22i3.10>

OLIVEIRA, G. M. M; BRANT, L. C. C; POLANCZYK, C. A; MALTA, D. C; BIOLO, A; NASCIMENTO, B. R; SOUZA, M. F. M; LORENZO, A. R; FAGUNDES JÚNIOR, A. A. P; SCHAAN, B. D; CASTILHO, F. M; CESENA, F. H. Y; SOARES, G. P; XAVIER JUNIOR, G. F; BARRETO FILHO, J. A. S; PASSAGLIA, L. G; PINTO FILHO, M. M; MACHLINE-CARRION, M. J; BITTENCOURT, M. S; PONTES NETO, O. M; VILLELA, P. B; TEIXEIRA, R. A; SAMPAIO, R. O; GAZIANO, T. A; PEREL, P; ROTH, G. A; RIBEIRO, A. L. P. **Estatística cardiovascular – Brasil 2021**. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia.*, v. 118, n. 1, p. 115-373, 2022. <https://doi.org/10.36660/abc.20211012>

PASCALE, A; MARCHESI, N; MARELLI, C; COPPOLA, A; LUZI, L; GOVONI, S; GIUSTINA, A; GAZZARUSO, C. **Microbiota and metabolic diseases**. *Endocrine*, p. 61, n. 3, p. 357-371, 2018. <https://doi.org/10.1007/s12020-018-1605-5>

PARKER, B. J; WEARSCH, P. A; VELOO, A. C. M.; RODRIGUEZ-PALACIOS, A. **The genus *Alistipes*: gut bacteria with emerging implications to inflammation, cancer, and mental health**. *Frontiers in immunology*, v. 11, a. 906, 2020
<https://doi.org/10.3389/fimmu.2020.00906>

PAGE, M. J; MCKENZIE, J. E; BOSSUYT, P. M; BOUTRON, I; HOFFMANN, T. C; MULROW, C. D; SHAMSEER, L; TETZLAFF, J. M; AKL, E. A; BRENNAN, S. E; CHOU, R; GLANVILLE, J; GRIMSHAW, J. M; HRÓBJARTSSON A, LALU MM, LI T, LODER EW, MAYO-WILSON E, MCDONALD S, MCGUINNESS LA, STEWART, L. A; THOMAS, J; TRICCO, A. C; WELCH, V. A; WHITING, P; MOHER, D. **The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews**. *BMJ*, 2021.
<https://doi.org/10.1136/bmj.n71>

QI, H; LI, Y; YUN, H; ZHANG, T; HUANG, Y; ZHOU, J; YAN, H; WEI, J; LIU, Y; ZHANG, Z; GAO, Y; CHE, Y; SU, X; ZHU, D; ZHANG, Y; ZHONG, J; YANG, R. **Lactobacillus maintains healthy gut mucosa by producing L-Ornithine**. *Commun Biol* 2, v. 171, 2019. <https://doi.org/10.1038/s42003-019-0424-4>

RIQUELME, M; AGUIRRE, J; BARTNICKI-GARCÍA, S; BRAUS, G. H; FELDBRÜGGE, M; FLEIG, U; HANSBERG, W; HERRERA-ESTRELLA, A; KÄMPER, J; KÜCK, U; MOURIÑO-PÉREZ, R. R; TAKESHITA, N; FISCHER, R. **Fungal morphogenesis, from the polarized growth of hyphae to complex reproduction and infection structures**. *Microbiology and molecular biology reviews: MMBR*, v. 82, n. 2, p. e00068-17, 2018. <https://doi.org/10.1128/MMBR.00068-17>

RITALA, A; HÄKKINEN, S. T; TOIVARI, M; WIEBE, M. G. **Single cell protein-state-of-the-art, industrial landscape and patents 2001-2016**. *Frontiers in microbiology*. v. 8, n. 2009, 2017. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.02009>

REIHANI, S. F. S; KHOSRAVI-DARANI, K. **Mycoprotein production from date waste using fusarium venenatum in a submerged culture**. *Applied Food Biotechnology*, v. 5, n. 4, p. 243-352, 2018. <https://doi.org/10.22037/afb.v5i4.23139>

REIHANI, S. F. S; KHOSRAVI-DARANI, K. **Influencing factors on single-cell protein production by submerged fermentation: a review**. *Electronic Journal of Biotechnology*, v. 37, p. 34–40, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.ejbt.2018.11.005>

ROUSTA, N; HELLWIG, C; WAINAINA, S; LUKITAWESA, L; AGNIHOTRI, S; ROUSTA, K; TAHERZADEH, M. J. **Filamentous fungus *Aspergillus oryzae* for food: from submerged cultivation to fungal burgers and their sensory evaluation-a pilot study.** *Foods (Basel)*, v. 10, n. 11, p. 2774, 2021. <https://doi.org/10.3390/foods10112774>

STEINFELD, H; GERBER, P; WASSENAAR, T; CASTEL, V; ROSALES, M; DE HAAN, C. **Livestock's long shadow: environmental issues and options.** Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, 2006.

SINGHANIA, R; PATEL, A; SOCCOL, C; PANDEY, A. **Recent advances in solid-state fermentation.** *Biochemical Engineering Journal*, v. 44, n. 1, p. 13-18, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2008.10.019>.

STEPHENS, N; DI SILVIO, L; DUNSFORD, I; ELLIS, M; GLENCROSS, A; SEXTON, A. **Bringing cultured meat to market: Technical, socio-political, and regulatory challenges in cellular agriculture.** *Trends in food science & technology*, v. 78, p. 155–166, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.04.010>

SOUZA FILHO, P.F; ZAMANI, A; TAHERZADEH, M.J. **Production of edible fungi from potato protein liquor (ppl) in airlift bioreactor.** *Fermentation*, v. 3, n. 12, 2017. <https://doi.org/10.3390/fermentation3010012>

SOUZA FILHO, P. F; NAIR, R. B; ANDERSSON, D; LENNARTSSON, P. R; TAHERZADEH, M. J. **Vegan-mycoprotein concentrate from pea-processing industry byproduct using edible filamentous fungi.** *Fungal biology and biotechnology*, v. 5, n. 5, 2018. <https://doi.org/10.1186/s40694-018-0050-9>

SOUZA FILHO, P. F. **Fungi-based biorefinery model for food industry waste - Progress toward a circular economy.** *University of Boras Digital*, 2018. Disponível em: <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:hb:diva-14888>. Acesso em: 14 de março de 2023.

SOUZA FILHO, P. F; ANDERSSON, D; FERREIRA, J. A; TAHERZADEH, M. J. (2019). **Mycoprotein: environmental impact and health aspects.** *World journal of microbiology & biotechnology*, v. 35, n. 10, a. 147. <https://doi.org/10.1007/s11274-019-2723-9>

STOFFEL, F; SANTANA, W. D; GREGOLON, J. G. N; KIST, T. B. L; FONTANA, R. C; CAMASSOLA, M. (2019). **Production of edible mycoprotein using agroindustrial wastes: Influence on nutritional, chemical and biological properties.** *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, v. 58, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.102227>.

SPRINGMANN, M; WIEBE, K; MASON-D'CROZ, D; SULSER, T. B; RAYNER, M; SCARBOROUGH, P; **Health and nutritional aspects of sustainable diet strategies and their association with environmental impacts: a global modelling analysis with country-level detail.** *The Lancet. Planetary health*, v. 2, n. 10, p. e451-e461, 2018. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(18\)30206-7](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(18)30206-7)

SHARIF, M; ZAFAR, M, H; AQIB, A. I; SAEED, M; FARAG, M. R; ALAGAWANY. M. **Single cell protein: sources, mechanism of production, nutritional value and its uses in aquaculture nutrition,** *Aquaculture*, v. 531, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735885>.

SALAZAR-LÓPEZ, N. J; BARCO-MENDOZA, G. A; ZUÑIGA-MARTÍNEZ, B. S; DOMÍNGUEZ-AVILA, J. A; ROBLES-SÁNCHEZ, R. M; OCHOA, M. A. V; GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A. **Single-cell protein production as a strategy to reincorporate food waste and agro by-products back into the processing chain.** *Bioengineering*, v. 9, n. 11, 2022. <https://doi.org/10.3390/bioengineering9110623>

SANTO, R. E; KIM, B. F; GOLDMAN, S. E; DUTKIEWICZ, J; BIEHL, E. M. B; BLOEM, M. W; NEFF, R. A; NACHMAN, K. E. **Considering plant-based meat substitutes and cell-based meats: a public health and food systems perspective.** *Frontiers in Sustainable Food Systems*, v. 4, n. 134, 2020. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00134>

TUKKER, A; JANSEN, B. **Environmental impacts of products: a detailed review of studies.** *Journal of Industrial Ecology*, v. 10, n. 3, p. 159-182, 2006. <https://doi.org/10.1162/jiec.2006.10.3.159>

THOMAS, L; LARROCHE, C; PANDEY, A. **Current developments in solid-state fermentation.** *Biochemical Engineering Journal*, v. 81, p. 146-161, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2013.10.013>.

THE BETTER MEAT CO. **The better meat co**, 2018. Disponível em: <https://www.bettermeat.co/#FAQ> Acesso em: 23 de março de 2023

TIANYI, Z; WEI, D; XIN, Z; YU, Z; YAN, Z; LIANZHOU, J; XIAONAN, S. **The development history and recent updates on soy protein-based meat alternatives.** *Trends in Food Science & Technology*, v. 109, p. 702-710, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.060>

UPADHYAYA, S; TIWARI, S. S; ARORA, N. K; SINGH, D. P Microbial protein: a valuable component for future food security. In: SINGH, J. S; SINGH, D. P. (ed.). **Microbes and environmental management.** New Delhi, *Studium Press*, v. 8, p. 259-279, 2016. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1775.8801>.

UNITED NATIONS. **World population prospects 2019: highlights.** department of economic and social affairs, *Population Division*, 2019. Disponível em: https://population.un.org/wpp/Publications/Files/wpp2019_10KeyFindings.pdf. Acesso em: 25 de março de 2023.

USMANI, Z; SHARMA, M; AWASTHI, A. K; SHARMA, G. D; CYSNEIROS, D; NAYAK, S. C; THAKUR, V. K; NAIDU, R; PANDEY, A; GUPTA, V. K. **Minimizing hazardous impact of food waste in a circular economy - advances in resource recovery through green strategies.** *Journal of hazardous materials*, v. 416, a. 126154, 2021 <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126154>

VEGA K; KALKUM M. **Chitin, chitinase responses, and invasive fungal infections.** *International journal of microbiology*, v. 2012, 2012. <https://doi.org/10.1155/2012/920459>

WEICKERT, M. O; PFEIFFER, A. F. **Metabolic effects of dietary fiber consumption and prevention of diabetes.** *The Journal of nutrition*, v. 138, n. 3, p. 439-442, 2008. <https://doi.org/10.1093/jn/138.3.439>

WIEBE M. G. **Myco-protein from *Fusarium venenatum*: a well-established product for human consumption.** *Applied microbiology and biotechnology*, v. 58, n. 4, p. 421–427, 2002. <https://doi.org/10.1007/s00253-002-0931-x>

WANG, E. Q; LI, S. Z; TAO, L; GENG, X; LI, T. C. **Modeling of rotating drum bioreactor for anaerobic solid-state fermentation.** *Applied Energy*, v. 87, n. 9, p. 2839-2845, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2009.05.032>

WHITTAKER, J. A; JOHNSON, R. I; FINNIGAN, T. J. A; AVERY, S. V; DYER, P. S. **The biotechnology of quorn mycoprotein: past, present and future challenges.** In: Nevalainen, H. Edição: Grand Challenges in Fungal Biotechnology. *Grand Challenges in Biology and Biotechnology*. Springer, Cham, p. 59-79, 2020. https://doi.org/10.1007/978-3-030-29541-7_3

YODER, W.T; CHRISTIANSON, L.M. **Species-specific primers resolve members of fusarium section *Fusarium*. taxonomic status of the edible "quorn" fungus reevaluated.** *Fungal Genet Biol.* 1998; v.23, p. 68-80, 1998. <https://doi.org/10.1006/fgbi.1997.1027>

YIN, G; JURICK, W. M. 2ND; ZHAO, G; BENNETT, J. W. **New names for three *Penicillium* strains based on updated barcoding and phylogenetic analyses.** *Microbiology resource announcements*, v. 10, n. 48, p. e0046621, 2021. <https://doi.org/10.1128/MRA.00466-21>