



Universidade de Brasília – UnB
Faculdade de Ciências da Saúde - FS
Departamento de Nutrição
Curso de graduação em Nutrição Humana

EDUARDO P. R. SANTOS
ORIENTADORA: LIVIA DE LACERDA

Trabalho de Conclusão de Curso
MICOPROTEÍNA E PROTEÍNA DE LEVEDURA VS CARNE BOVINA, UMA
COMPARAÇÃO NUTRICIONAL E REVISÃO

Brasília-DF
2021

EDUARDO PRADO RIBEIRO SANTOS

Trabalho de Conclusão de Curso

MICOPROTEÍNA E PROTEÍNA DE LEVEDURA VS CARNE BOVINA, UMA
COMPARAÇÃO NUTRICIONAL E REVISÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Departamento de Nutrição da Faculdade de
Ciências da Saúde da Universidade de Brasília,
como requisito parcial para obtenção de grau de
bacharel em Nutrição

Orientadora:

Prof ºDr ºLivia de Lacerda

Dedico este trabalho a minha família, amigos e a minha orientadora, pela ajuda e apoio nos caminhos sinuosos e nos retos; nos momentos atribulados e nos tranquilos; em dias prósperos e também nos infecundos; na esperança e no desespero. Ao povo brasileiro, merecedor do meu serviço e suor, sustentação deste país abençoado frente as adversidades, sorridentes em meio ao sacrifício.

RESUMO

Introdução: O aumento do consumo de carne bovina trouxe impactos ambientais importantes, que tendem a aumentar até 2050. Além disso, questões éticas envolvidas com abate e bem-estar animal tem ganhado atenção. A criação de alternativas a carne bovina se faz importante neste cenário. O presente estudo revisa na literatura fontes de proteína alternativas, especificamente micoproteínas e leveduras, e avalia sua qualidade proteica. **Materiais e Métodos:** Para a busca bibliográfica, foram utilizadas as bases de dados: Scopus, Science Direct, Web of Science, PubMed, resumos CAB e Google Acadêmico. As palavras-chave utilizadas foram: “yeast protein”; “beef”; “mycoprotein” e termos análogos, combinadas com: “Protein Quality”; “Protein Biological Value” e termos análogos. 7 artigos foram escolhidos para compor o estudo. Foram coletados os dados de proteína total de cada produto assim como o índice *Protein digestibility-corrected amino acid score* (PDCAAS). **Resultados e Discussão:** Dos 7 artigos apresentados, foram obtidas 24 análises, 9 das análises obtiveram valores de proteína menores que 50% por extrato seco. 10 análises obtiveram PDCAAS > 1.0 e todas as análises possuíam aminoácidos limitantes. 9 análises obtiveram PDCAAS <0,5. Nenhum artigo analisou a digestibilidade in vivo ou in vitro dos produtos estudados e 4 estudos não apresentaram a quantidade de todos os aminoácidos essenciais. **Conclusão:** Existem dados limitados na literatura referentes a qualidade proteica de fungos e leveduras, contudo, é possível observar a qualidade proteica inferior dessas fontes quando comparadas com a carne bovina

Lista de Siglas

- AA – Amino ácido
- AAE – Amino ácido essencial
- BV – *Biological Value* (Valor Biológico)
- CB – Carne bovina
- DIAAS – *Digestible Indispensable Amino Acid Score* (Escore de Amino Ácidos Indispensáveis Digeríveis)
- FP – Fonte de proteína
- PDCAAS – *Protein Digestibility-Corrected Amino Acid Score* (Escore de Amino Ácidos com Digestibilidade Proteica Corrigida)
- PER – *Protein Efficiency Ratio* (Razão de Eficiência Proteica)
- QP – Qualidade proteica
- SCP – *Single Cell Protein* (Proteína de Célula Única)

* “s” ao final da sigla é utilizado para indicar que o elemento está no plural

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	7
2 REFERENCIAL TEÓRICO	9
2.1 Micoproteínas	6
2.2 Leveduras.....	6
2.3 Carne bovina.....	8
2.4 Meios de aferição de qualidade proteica.....	9
3 OBJETIVO GERAL	14
4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
5 METODOLOGIA	14
5.1 Delineamento.....	14
5.2 Critérios de inclusão e exclusão.....	14
5.3 Plataformas de busca.....	15
5.4 Coleta de dados.....	15
5.5 Análise de dados	15
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
6.1 Seleção dos artigos.....	16
6.2 Resultados da composição e qualidade proteica.....	17
6.3 Discussão sobre composição e qualidade proteica.....	19
6.4 Resultados da tabela de viés e qualidade dos artigos.....	20
6.5 Discussão sobre a tabela de viés e qualidade dos artigos.....	21
6.6 Limitação do presente estudo.....	22
7 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES	24
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	25

1. INTRODUÇÃO

O cenário da alimentação mundial está mudando nos últimos anos juntamente com a transição demográfica e econômica da população mundial. Com o aumento do poder de compra no mundo, a carne bovina (CB) tem sido uma opção cada vez mais frequente, gerando aumento da demanda e da produção (DREWNOWSKI; POPKIN, 2009). Somando-se a isso o aumento da população global, obtemos a projeção de um importante aumento do consumo da CB per capita até 2070 (FALCON et al., 2006). Estes dados são preocupantes, levando em conta os impactos ambientais observados atrelados a produção de CB: Produção de gases do efeito estufa; Consumo de água; Utilização de terras agricultáveis para produção de soja, que posteriormente é utilizada ou vendida como ração; Amplo uso de terras para pastagens, impedindo a uso destes espaços para plantio; Redução da biodiversidade; Aumento do desmatamento para produção de ração ou criação de gado (FALCON et al., 2006). A relação entre energia e proteína ofertada/retornada em forma de alimento também é baixa, com várias outras fontes trazendo melhor retorno, como: ovos, aves, suínos, caprinos, peixes e proteínas vegetais (FALCON et al., 2006).

Tendo em vista as consequências negativas da manutenção do padrão de consumo atual e a evolução do mesmo, se fazem necessárias alternativas ao consumo de CB. Atualmente, vegetarianismo e veganismo tem ganhado atenção e espaço, não só pela preocupação com os impactos ambientais da pecuária, mas por questões éticas e ideológicas associadas ao consumo de carne e abuso animal (STEPHENS et al., 2018). Contudo, o vegetarianismo e veganismo são somente duas das possíveis alternativas a serem exploradas e possuem limitações importantes. Vale lembrar que as fontes de proteína animais continuam sendo de extrema importância para a construção e manutenção da massa muscular ao longo da vida, como mostrado em artigo com 76633 participantes (ALEXANDROV et al., 2018). Além disso, o baixo consumo de proteínas é associado com fragilidade em idosos, e o alto consumo de proteína animal possui relação inversa, como demonstrado em múltiplos estudos (COELHO-JÚNIOR et al., 2018). Então se mostra importante a pesquisa de fontes de proteína (FPs) de qualidade nutricional equivalente ou similar às fontes animais. A introdução de novos alimentos ricos em proteína é uma possibilidade que tem sido

investigada (STEPHENS et al., 2018) Carnes artificiais, insetos comestíveis, *single-cell proteins* (SCPs) utilizando bactérias, leveduras, fungos e algas tem sido discutidas e analisadas na literatura científica (STEPHENS et al., 2018). Para a efetividade da introdução destes novos alimentos, eles devem não só atender nutricionalmente como fontes de proteína, como precisam ser bem aceitos e atrativos para o público geral, investidores e produtores de alimentos. Isto só é possível se os alimentos se mostrarem: Bem encaixados nos hábitos e na cultura alimentar de cada população; Sensorialmente bem aceitos; Produtivamente eficientes; Seguros para o consumo e sem risco microbiológico ou toxicológico; Capazes de transpor neofobias, muito comuns sempre que indivíduos se deparam com novos alimentos; Gerarem impactos ambientais muito menores que a CB, sendo sustentáveis a longo prazo e em cenários de aumento da população mundial (ALÇAY et al., 2018). Entende-se também, que para responder todas essas questões, se faz necessária uma gama de estudos, com diferentes enfoques e delineamentos.

Dentre as fontes não convencionais previamente citadas, o presente estudo foca em especial em SCPs e em sua qualidade nutricional. SCPs podem ser produzidas rapidamente a partir de microorganismos, não necessitam de muito espaço, podem ter a composição de aminoácidos (AAs) modificada pelo: Substrato utilizado; Condições de cultura; Modificações genéticas (KURCZ et al., 2016). Dentre as SCPs existentes, este trabalho analisa estudos sobre micoproteínas e leveduras. Quais fontes são disponíveis para humanos destes gêneros alimentícios e como é a sua qualidade proteica (QP)? Qual concentração de proteína essas fontes podem produzir? Qual a qualidade da proteína ofertada considerando aminoácidos essenciais (AAEs) e digestibilidade? Essas são perguntas que esse estudo visa, parcialmente, elucidar.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Micoproteínas

Também conhecida como proteína fúngica ou proteína de fungos, ainda que alguns autores a coloquem como proveniente exclusivamente de *Fusarium venenatum*, espécie mais conhecida, estudada e utilizada, outros fungos tem sido estudados e podem ser utilizados no futuro de maneira abrangente (UPCRAFT et al., 2021). Este trabalho trata da proteína de fungos no aspecto mais amplo, tendo abertura para diferentes espécies, no entanto, apenas o *Fusarium venenatum* é utilizado em larga escala para o consumo humano, possuindo também maior número de estudos sobre na literatura. A micoproteína vem sendo um interessante exemplo de como a tecnologia de alimentos, associada ao marketing e estudos com meios de cultura podem resultar em um produto vendável a base de SCPs (MARLOW FOODS, 2021). Com textura similar a carne bovina, além de alto teor de proteína, possui fibras alimentares, baixa quantidade de gordura e carboidratos e tem mostrado efetividade no controle do colesterol (FINNIGAN et al., 2019). Em relação a qualidade proteica, cerca de 44% dos AAs presentes são essenciais, percentual superior a maior parte das fontes vegetais, mas ainda inferior se comparada as fontes proteicas animais (UPCRAFT et al., 2021). Sua pegada de carbono, uso de água e impactos ambientais são muito reduzidos quanto comparados com os associados a carne bovina ou frango (FINNIGAN et al., 2019). Para sua produção, um meio de cultura com fontes de nitrogênio, carbono e reguladores de pH são essenciais, além de realizar a redução dos níveis de RNA para níveis seguros para o consumo (DERBYSHIRE; AYOOB, 2019).

Infelizmente, seu alto teor de fibras, enquanto aumenta a saciedade e tem capacidade de moduladoras a glicemia e a microbiota, também podem reduzir a digestibilidade proteica e, conseqüentemente, a qualidade proteica do produto (WEDER; BELITZ, 2003). Realizando o teste de estímulo de síntese proteica muscular

a partir do consumo de micoproteína, observou-se o estímulo máximo com o consumo de 60g de produto, contendo 27g de proteína, uma resposta satisfatória considerando se tratar de uma fonte alternativa de proteína, contudo, ainda inferior a respostas de fontes padrão-ouro para estímulo de síntese proteica (BERRAZAGA et al., 2019). Enquanto a maior parte da população não apresenta reações adversas ao seu consumo, há um pequeno percentual que possa apresentar hipersensibilidade, gerando vômitos e diarreias, além de reações alérgicas (TEE et al., 1993). Na produção de micoproteínas é comum o uso de subprodutos do processamento de animais, limitando a quantidade de micoproteínas adequadas ao público vegetariano, e, ainda mais ao público vegano (DERBYSHIRE; AYOOB, 2019). A maioria dos artigos sobre micoproteína possuíam apoio ou eram elaborados por pesquisadores da Quorn Foods™. Não foram encontrados na literatura compilados ou revisões sobre a qualidade proteica de micoproteínas, um espaço que este trabalho busca preencher.

2.2 Leveduras

Leveduras, diferentemente das proteínas fúngicas, tem sido amplamente utilizadas na nutrição animal, compondo rações de peixes, aves, suínos, equinos e bovinos (ELGHANDOUR et al., 2019). Na alimentação humana, há milênios são utilizadas para produção de bebidas e alimentos fermentados, como pães, cerveja, vinhos, kefir e queijos, com a função de produzir aroma, serem agentes de crescimento e até conservantes alimentares (KIELISZEK et al., 2017). Há estudos mostrando detoxificação de alimentos por meio de leveduras (ELGHANDOUR et al., 2019).

Contemporaneamente, leveduras tem sido alvo de estudos, identificando compostos que podem ser utilizados em alimentos funcionais e suplementos, com propriedades anticarcinogênicas, antioxidantes e imunomoduladoras (KIELISZEK et al., 2017). Também tem a capacidade de formar complexos, principalmente com íons metálicos, que aumentam a absorção destes minerais (KIELISZEK et al., 2015). Para serem utilizados como alimento, a maioria das leveduras requer um processo de esterilização e estudos toxicológicos, pela sua potencial patogenicidade. A grande maioria das espécies ainda não foi foco de estudos para avaliar a sua segurança na alimentação humana (KIELISZEK et al., 2015)

Em relação as proteínas, leveduras tem se mostrado apropriadas para a produção de SCPs ou para a melhoria da composição proteica de outros alimentos. Assim como com outros microrganismos, a levedura tem a capacidade de utilizar resíduos da indústria de alimentos, e uma gama de fontes não-proteicas de nitrogênio para seu crescimento, como amônia, ureia, peptona e nucleotídeos, se mostrando uma fonte barata e viável (REIHANI; KHOSRAVI-DARANI, 2019). De maneira similar às micoproteínas, faltam estudos analisando e revisando dados na literatura sobre a qualidade proteica de SCPs produzidas por leveduras.

2.3 Carne bovina

Amplamente utilizada na alimentação humana há milênios, possui uma importância incalculável nos hábitos e cultura alimentar de diversos povos. Seu consumo só começou de fato após a domesticação do Alroque, um descendente mais arisco e agressivo do boi europeu, no território da atual Turquia (MCTAVISH et al., 2013). Atualmente, a carne bovina está entre as principais opções proteicas em refeições por todo o planeta (DREWNOWSKI; POPKIN, 2009).

A CB, além de ser uma rica fonte de proteínas de alto valor biológico (BV), possui uma excelente digestibilidade e não possui AAs limitantes, já que todos estão acima do valor de referência de acordo com 100g de proteína no produto. Rica em Ferro Heme, vitaminas do complexo b, incluindo a b12, encontrada exclusivamente em fontes animais (MCAFEE et al., 2010). Contudo, também é rica em gorduras saturadas e colesterol, o que fez com que a associação entre consumo de carne e risco cardiovascular começasse a ser pesquisada no meio do século passado (MCAFEE et al., 2010). Porém, muitos destes estudos eram estudos populacionais, que também apontavam relação entre consumo de carne e maior consumo de ultra processados, baixo consumo de frutas e hortaliças e estilo de vida não saudável (MCAFEE et al., 2010). O consumo de carne bovina em quantidades adequadas, intercalada com outras fontes proteicas e associada a uma alimentação rica em frutas e hortaliças não mostra um aumento do risco cardiovascular (MCAFEE et al., 2010). Pode, inclusive, ajudar a prevenir a sarcopenia e a perda de capacidade funcional em idosos, possivelmente por indivíduos com a alimentação mais restrita em fontes de

proteína possuem um risco maior de terem um consumo reduzido do macronutriente (MCAFEE et al., 2010).

Produtivamente, ainda que possua uma baixa taxa de eficiência na conversão de energia em proteína, o fato de bovinos serem animais ruminantes traz uma vantagem importante quando comparados com outros animais, pela capacidade de disponibilizarem nutrientes que, de outra forma, não poderiam ser absorvidos na dieta humana. Isso se dá pela quebra da celulose de vegetais por bactérias no intestino de bovinos (CHOLEWINSKA et al., 2020). Contudo, para o melhor aproveitamento desta capacidade de bovinos, a criação extensiva em grandes pastagens se faz necessária, o que também mostra problemas relacionados a sustentabilidade do sistema, pela perda da vegetação nativa e biodiversidade (FALCON et al., 2006). A outra alternativa, a criação intensiva, apesar de ser espacialmente mais econômica em si, acaba indiretamente estimulando grandes monoculturas para produção de ração animal, o que também resulta no impacto à biodiversidade nestes respectivos locais (FALCON et al., 2006).

Além do remodelamento de sistemas alimentares baseados na criação de bovinos em sistemas mais sustentáveis, como: A produção de carne orgânica; Uso de sistemas integrados de agricultura/pecuária; Sistemas rotativos de cultura (CUSACK et al., 2021); A utilização de rações modificadas para reduzir a produção de gases do efeito estufa (VIJN et al., 2020), estudar novas FPs como substitutas adequadas à CB se faz necessário (ALÇAY et al., 2018).

2.4 Meios de aferição de qualidade proteica

Para permitir uma comparação entre a QP da CB e das FPs estudadas, é necessário ter parâmetros estabelecidos para aferir QP. Além da concentração de proteína, a distribuição de AAs é fundamental. Para este fim, o uso de PDCAAS e, mais recentemente recomendado, *Digestible Indispensible Amino Acid Score* (DIAAS). Ambos avaliam a quantidade de cada AA/100g de proteína de dado alimento, fazendo uma razão com uma FP de referência. A diferença entre os métodos é que o DIAAS corrige o escore final com base na digestibilidade de cada AA, sendo mais acurado que o PDCAAS, que corrige o escore final com base em um fator de digestibilidade aplicado a todos os AAs (MATHAI; LIU; STEIN, 2017). É comum a

combinação dos PDCAAS/DIAAS com a informação de AAs limitantes, ou primeiro AA limitante. Essa informação se refere aos AAs em quantidade menor que os valores de referência, ou ao AA em quantidade menor relativa à proteína de referência. Quando todos os AAs tem valores superiores a referência, o alimento não possui AAs limitantes (MATHAI; LIU; STEIN, 2017).

O *Biological Value* (BV) das proteínas, por sua vez, afere a eficiência da proteína dietética no uso de nitrogênio no corpo. Sendo expresso em porcentagem, é resultado da quantidade de nitrogênio incorporado aos tecidos sobre a quantidade de nitrogênio consumida em dado alimento, com o resultado multiplicado por 100 (HOFFMAN; FALVO, 2005). De maneira similar, a *Protein Efficiency Ratio* (PER) determina a eficiência de uma FP gerar crescimento em ratos, a partir das gramas de peso ganho sobre gramas de proteína consumidas. O valor obtido é comparado com o valor de referência, de 2,7. Qualquer valor igual ou acima de 2,7 considera a proteína utilizada de excelente qualidade (HOFFMAN; FALVO, 2005). As limitações da técnica estão ligadas a padronização necessária da dieta e o ambiente controlado em ambos os casos. Isso requer o uso de pequenos mamíferos e pode existir diferença na eficiência da utilização de proteínas por diferentes alimentos entre diferentes espécies de mamíferos (HOFFMAN; FALVO, 2005)

3. OBJETIVOS GERAIS

- Analisar a QP de SCPs a base de micoproteínas ou leveduras por meio de uma revisão da literatura e compara-las com a qualidade proteica da CB

4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Calcular os PDCAAS das FPs analisadas nos artigos
- Apontar qual é o primeiro EAA limitante de cada FP, ou todos os EAAs zerados
- Apontar a concentração proteica das FPs
- Comparar os dados de QP dos produtos analisados com os da CB
- Analisar a qualidade dos artigos utilizados no estudo

5. METODOLOGIA

5.1 Delineamento

Este estudo é uma revisão bibliográfica integrativa

5.2 Critérios de inclusão e exclusão

- Critérios de elegibilidade: Artigos que façam análises de alimentos proteicos provenientes de leveduras ou fungos, incluindo concentração proteica e aminoácidos (AAs); Adequados ao consumo humano

- Critérios de exclusão: Ausência das análises requeridas; Falta de cálculo de digestibilidade e/ou ausência de referência para digestibilidade do produto analisado; Produtos impróprios para o consumo humano

5.3 Plataformas de busca

- Busca bibliográfica pela plataforma ©Ryyan (OUZZANI et al., 2016)
- Uso das bases de dados: Scopus; Science Direct; Web of Science; PubMed, resumos CAB e Google Acadêmico

5.4 Coleta de dados

- Uso das palavras chave: "Yeast protein"; "Yeast food"; "Yeast Biomass"; "Fungal food culture"; "Fungal protein"; "Fungal food"; "mycoprotein"; "beef"; "beef meat"; "beef protein"; "red meat"; "processed meat" combinadas com: "Protein Quality" e "Proteic Quality"
- Busca inicial pelas palavras chave, seguida da leitura de títulos e resumos pelo autor e 2 colaboradores, sendo o 1º filtro. Artigos que passaram pela leitura dos resumos seguiram para a leitura completa dos textos como 2º filtro. Conflitos passaram ainda por um 3º filtro, que foi a resolução dos conflitos entre o autor e colaboradores. A seleção dos artigos não foi cega

5.5 Análise de dados

Para aferir a QP, foi utilizado o escore PDCAAS combinado com o primeiro AA limitante na proteína estudada, ou todos os AAs não identificados. Como fator de digestibilidade, para FPs que não tiveram sua digestibilidade analisada, foi considerado 78% para micoproteína (GILANI; LEE, 2003) e 81% para a levedura (UGALDE; CASTRILLO, 2002). O estudo de referência de QP da CB possuía análise de digestibilidade, obtendo 92,38% (PIRES et al., 2006). Além disso, foram coletados os dados de concentração proteica dos produtos.

A metodologia utilizada para avaliar a qualidade dos artigos se baseou no método *Risk-of-Bias* (LUNDH; GØTZSCHE, 2008), utilizando-se uma escala de um a cinco de nível de evidência: 1- nenhum; 2- conflitante, 3- limitada, 4- moderada, 5- forte)

6. RESULTADOS

6.1 Seleção dos artigos

399 artigos foram encontrados na primeira busca, 54 pré selecionados após leitura do resumo/título, 7 selecionados após leitura completa dos artigos e resolução dos conflitos entre colaboradores.

6.2 Resultados da composição e qualidade proteica

Tabela 1

Protein type	Protein Source	Type of Analysis	Nutrients			Reference
			Protein g/100g	PDCAs (1-100)	Limitants IAAs	
Mycoprotein	Fusarium venenatum (Quorn) CONTROL	Kjeldahl Method (LANG, 1958) – Protein + HPLC and Chromatographic separation (GONZALEZ-CASTRO et al., 1997) – AAs	45	34,9	*Tryptophan	Salgado et al. (2020)
Mycoprotein	Paradendryphiella salina + Seaweed wastes	Kjeldahl Method (LANG, 1958) – Protein + HPLC and Chromatographic separation (GONZALEZ-CASTRO et al., 1997) – AAs	37.4	48,7	*Tryptophan	Salgado et al. (2020)
Mycoprotein	Macrocystis pyrifera + Seaweed wastes	Kjeldahl Method (LANG, 1958) + HPLC and Chromatographic separation (GONZALEZ-CASTRO et al., 1997) – AAs	31.1	68,3	*Tryptophan	Salgado et al. (2020)
Mycoprotein	Candida utilis + Glucose + Yeast extract + Cellulosic residues	Kjeldahl Method (LANG, 1958)	45	96,1	*Tryptophan + *Histidine	Moo-Young, Chisti e Vlach (1993)
Mycoprotein	Neurospora sitophila + Glucose + yeast extract + Cellulosic residues	Kjeldahl Method (LANG, 1958)	45	90,1	*Tryptophan + *Histidine	Moo-Young, Chisti e Vlach (1993)
Yeast protein	Candida utilis + Chicken by-products + Spruce wood + Yeast extract + sugars	Kjeldahl Method (LANG, 1958) - Protein + Biochrom 30 amino acid analyzer (EC regulation No: 152/2009 pp. 23–32) – AAs + HPLC and fluorescence (EC regulation No: 152/2009 pp. 32–37) - Tryptophan	57.6	100	Methionine + Cystein	Lapeña et al. (2020)
Yeast protein	Candida utilis + Meat peptone + Yeast extract + Glucose CONTROL	Kjeldahl Method (LANG, 1958) - Protein + Biochrom 30 amino acid analyzer (EC regulation No: 152/2009 pp. 23–32) – AAs + HPLC and fluorescence (EC regulation No: 152/2009 pp. 32–37) - Tryptophan	53.3	100	Methionine + Cystein	Lapeña et al. (2020)

Tabela 2

Yeast protein	Wickerhamomyces anomalus + Chicken by-products + Spruce wood + Yeast extract + sugars	Kjeldahl Method (LANG, 1958) - Protein + Biochrom 30 amino acid analyzer (EC regulation No: 152/2009 pp. 23–32) – AAs + HPLC and fluorescence (EC regulation No: 152/2009 pp. 32–37) - Tryptophan	50.2	100	Methionine + Cystein	Lapeña et al. (2020)
Yeast protein	Wickerhamomyces anomalus + Meat peptone + Yeast extract + Glucose CONTROL	Kjeldahl Method (LANG, 1958) - Protein + Biochrom 30 amino acid analyzer (EC regulation No: 152/2009 pp. 23–32) – AAs + HPLC and fluorescence (EC regulation No: 152/2009 pp. 32–37) - Tryptophan	55.2	98,8	Methionine + Cystein	Lapeña et al. (2020)
Yeast protein	Blastobotrys adenivorans + Chicken by-products + Spruce wood + Yeast extract + sugars	Kjeldahl Method (LANG, 1958) - Protein + Biochrom 30 amino acid analyzer (EC regulation No: 152/2009 pp. 23–32) – AAs + HPLC and fluorescence (EC regulation No: 152/2009 pp. 32–37) - Tryptophan	51	100	Methionine + Cystein	Lapeña et al. (2020)
Yeast protein	Blastobotrys adenivorans + Meat peptone + Yeast extract + Glucose CONTROL	Kjeldahl Method (LANG, 1958) - Protein + Biochrom 30 amino acid analyzer (EC regulation No: 152/2009 pp. 23–32) – AAs + HPLC and fluorescence (EC regulation No: 152/2009 pp. 32–37) - Tryptophan	49.5	95,1	Methionine + Cystein	Lapeña et al. (2020)
Yeast protein	Saccharomyces cerevisiae + Chicken by-products + Spruce wood + Yeast extract + sugars	Kjeldahl Method (LANG, 1958) - Protein + Biochrom 30 amino acid analyzer (EC regulation No: 152/2009 pp. 23–32) – AAs + HPLC and fluorescence (EC regulation No: 152/2009 pp. 32–37) - Tryptophan	54.2	100	Methionine + Cystein	Lapeña et al. (2020)
Yeast protein	Saccharomyces cerevisiae + Meat peptone + Yeast extract + Glucose CONTROL	Kjeldahl Method (LANG, 1958) - Protein + Biochrom 30 amino acid analyzer (EC regulation No: 152/2009 pp. 23–32) – AAs + HPLC and fluorescence (EC regulation No: 152/2009 pp. 32–37) - Tryptophan	47.7	100	Methionine + Cystein	Lapeña et al. (2020)
Yeast protein	Kluyveromyces fragilis + Whey permeate	Kjeldahl Method (LANG, 1958) – Protein + Method of Spackman et al. (1958) – AAs + Microbiological analysis (HENDERSON, 1948) - Cystein	43.8	100	Methionine + Cystein	Shay e Wegner (1986)

Tabela 3

Yeast protein	Candida utilis + Sorghum stalks CONTROL	Kjeldahl Method (LANG, 1958) – Protein + Gas Chromatographic Analysis Method (BOSI; BATTAGLINI, 1978) – AAs	N/A	100	Methionine + Cystein	Ahmed et al. (1994)
Yeast protein	Candida utilis + Sorghum stalks + indole-3-acetic acid (IAA)	Kjeldahl Method (LANG, 1958) – Protein + Gas Chromatographic Analysis Method (BOSI; BATTAGLINI, 1978) – AAs	57	100	Leucine	Ahmed et al. (1994)
Yeast protein	Candida utilis + Sorghum stalks + Prometryne	Kjeldahl Method (LANG, 1958) – Protein + Gas Chromatographic Analysis Method (BOSI; BATTAGLINI, 1978) – AAs	54,4	100	Tryptophan	Ahmed et al. (1994)
Mycoprotein	Agaricus blazei + brewer spent grain	Kjeldahl Method (LANG, 1958) – Protein + HPLC-fluorescence detection (SIRI et al., 2006) - AAs	19.6	44,6	*Cystein + *Tryptophan	Stoffel et al. (2019)
Mycoprotein	Pleurotus albidus + brewer spent grain	Kjeldahl Method (LANG, 1958) – Protein + HPLC-fluorescence detection (SIRI et al., 2006) - AAs	22.6	42,5	*Cystein + *Tryptophan	Stoffel et al. (2019)
Mycoprotein	Auricularia fuscosuccinea + brewer spent grain	Kjeldahl Method (LANG, 1958) – Protein + HPLC-fluorescence detection (SIRI et al., 2006) - AAs	20.5	33,7	*Cystein + *Tryptophan + Methionine	Stoffel et al. (2019)
Mycoprotein	brewer spent grain CONTROL	Kjeldahl Method (LANG, 1958) – Protein + HPLC-fluorescence detection (SIRI et al., 2006) - AAs	15.9	46,7	Methionine + *Cystein + *Tryptophan	Stoffel et al. (2019)

Tabela 4

Mycoprotein	Pleurotus albidus + grape bagasse	Kjeldahl Method (LANG, 1958) – Protein + HPLC-fluorescence detection (SIRI et al., 2006) - AAs	13	15	*Cystein + *Tryptophan	Stoffel et al. (2019)
Mycoprotein	grape bagasse CONTROL	Kjeldahl Method (LANG, 1958) – Protein + HPLC-fluorescence detection (SIRI et al., 2006) - AAs	10.5	22,1	*Cystein + *Tryptophan + Methionine	Stoffel et al. (2019)
Mycoprotein	Fusarium venenatum + date sugar + peptone + ammonium dihydrogen phosphate	Modified Lowry method and spectrometry (SLOCOMBE et al., 2013) - Protein	65.3	13,2	Triptophan *	Reihani e Khosravi-Darani (2018)
Beef meat (dry extract)	Bos taurus	Kjeldahl Method (LANG, 1958) – Protein +	81,7	100	N/A	Pires et al. (2006)

O símbolo (*) que antecede alguns AAs na tabela, na coluna de AAs limitantes, se refere a AAs não analisados

6.3 Discussão sobre composição e qualidade proteica

De 7 estudos, 24 análises foram obtidas e em todos os produtos mostrados, havia presença de AAs limitantes. O mesmo não ocorre com a proteína da carne, que tinha todos os AAs em níveis superiores aos valores de referência. Nos AAs, metionina e cisteína foram os mais presentes em quantidades limitantes, mesmo se forem desconsiderados os AAs não analisados. 9 das 24 análises possuíam valores de proteína menores que 50% por peso de produto. 10 análises possuíam PDCAAS >100, enquanto 9 tiveram escores <50. Ainda que não tenham sido feitas análises estatísticas neste trabalho, 8 dos 9 PDCAAS com escore <50 coincidiam com valores proteicos <50%, é possível que exista uma relação entre menor concentração proteica e uma pior distribuição de PDCAAS.

No estudo feito por Reihani; Khosravi-Darani, (2018), apesar da FP possuir 65,3% de concentração, o PDCAAS obtido foi de 13,2. Durante a análise, o valor de serina se encontrava muito superior se comparado a outros AAs. Foi mostrado 6,67g na soma de todos os outros AAs em 100g de produto, enquanto a 15,54g eram de serina. Esse desbalanço na distribuição de AAs comprometeu a QP do produto. Ainda que isto tenha sido identificado de maneira mais evidente neste trabalho, outras análises mostraram desbalanços importantes na distribuição de AAs, o que pode ter comprometido os valores de PDCAAS. É possível que, além de adequação dos meios de cultura, a seleção ou modificação genética dos microorganismos levem a resultados mais interessantes no que concerne à distribuição de AAs, principalmente AAes (REIHANI; KHOSRAVI-DARANI, 2019). Além destes, a digestibilidade utilizada para avaliar micoproteínas e leveduras foram inferiores à da carne, o que também compromete os PDCAAS e o número de AAs limitantes.

Outro fator que pode ter influenciado nos resultados foi o meio de cultura de cada análise. Os meios de cultura que fizeram uso de meios de cultura simples, sem fontes específicas de nitrogênio e utilizando, basicamente, resíduos de processamento vegetais, mostraram piores resultados em PDCAAS e concentração proteica, a exemplo dos resultados apresentados por Stoffel et al., (2019). Trabalhos que mesclaram resíduos de processamento com fontes sintéticas de carbono, nitrogênio conseguem melhores valores de proteína e PDCAAS (MOO-YOUNG;

CHISTI; VLACH, 1933) Inclusive nas análises de Lapeña et al. (2020), que fez uso de subprodutos do processamento de carne e frango, obtendo a quantidade máxima de PDCAAS em 6 de 8 análises. Shay e Wegner (1986), obtiveram resultado similar com um subproduto da produção de laticíneos. A disponibilização adequada de fontes de carbono para uso como substrato energético pelos microorganismos, além de fontes nitrogenadas para a síntese proteica, provavelmente são determinantes nos casos mencionados (REIHANI; KHOSRAVI-DARANI, 2019).

6.4 Resultados da tabela de viés e qualidade dos artigos

Tabela 5

Reference	Does the article provide or analyses or considers the Digestibility of the protein studied?	Does the article <u>provides</u> the methodological procedure to evaluate the protein and amino acid <u>composition</u> ?	Does the article <u>details</u> the culture medium, when it's present?	Has the article a control group?	Does the article <u>presents</u> clear data about protein content and amino acid content?	Does the article <u>analyses</u> all essential amino acids?	Bias risk Score / Nivel de evidência
Salgado et al. (2020)		X	X	X	X		<u>Limitado</u>
Moo-Young, <u>Chisti</u> e Vlach (1993)			X	X			<u>Conflitante</u>
<u>Lapeña</u> et al. (2020)		X	X	X	X	X	<u>Moderado</u>
Shay e Wegner (1986)		X	X		X	X	<u>Moderado</u>
Ahmed et al. (1994)		X	X	X	X	X	<u>Moderado</u>
<u>Stoffel</u> et al. (2019)		X	X	X			<u>Conflitante</u>
<u>Reihani</u> e <u>Khosravi-Darani</u> (2018)		X	X		X		<u>Conflitante</u>

6.5 Discussão sobre a tabela de viés e qualidade dos artigos

Pode-se observar, com os resultados, níveis limitados de evidência, com 3 artigos obtendo avaliação 4/5, 1 artigo obtendo 3/5 e 3 artigos obtendo 2/5. É observado também que o número de vieses marcados não necessariamente representa uma avaliação específica, com um artigo tendo o mesmo número de vieses que outro, contudo, tendo um nível de evidência diferente.

No caso do trabalho de Shay e Wegner (1986), que tem avaliação 4/5 e deixou de marcar 2 critérios, ao passo que o estudo de Salgado et al.(2020) marcou o mesmo número de critérios, contudo, teve avaliação 3/5. Isso se dá ao peso da falta de análise de todos os AAs essenciais, que é uma informação vital para a qualidade da evidência. Enquanto isso a presença de um grupo controle pode ajudar a fazer uma comparação com outros meios de cultura/tratamentos, contudo, não impacta na aferição do PDCAAS, análise fundamental neste estudo.

Enquanto isso, um trabalho marcou somente 2/6 critérios, contudo, obteve ainda a avaliação 2/5 (MOO-YOUNG; CHISTI; VLACH, 1933) assim como os estudos de Reihani; Khosravi-Darani, (2018) e Stoffel et al., (2019) que marcaram 3/6. De maneira similar, enquanto os artigos possuem vácuos de informação importantes, ainda é possível obter informações sobre a QP dos produtos analisados, levando em consideração que foram utilizados fatores de digestibilidade com alto nível de confiança para as FPs estudadas (GILANI; LEE, 2003); (UGALDE; CASTRILLO, 2002) Foi considerada, portanto, que a diferença de 1 ponto entre os trabalhos não foi suficiente para alterar a classificação.

Nenhum dos trabalhos apresentou análise de digestibilidade das proteínas estudadas. Ainda que a variação da digestibilidade dos tipos de produtos não tenha grande variação na literatura, diferentes meios de cultura, espécies de microrganismos, tempos de tratamento podem resultar em números maiores ou menores que compostos quelantes, que formam complexos com proteínas e reduzem sua digestibilidade (REIHANI; KHOSRAVI-DARANI, 2019). É essencial que trabalhos futuros avaliem a digestibilidade das FPs para um melhor entendimento da QP de seus produtos.

Outro critério relevante, que determinou a classificação de 3 artigos como nível moderado de evidência, é a análise de todos os AAEs. A falta da análise de um ou mais AAEs acarreta no acréscimo dos mesmos à lista de AAs limitantes, subestimando e reduzindo drasticamente a confiabilidade das análises de QP. Além disso, reduz o PDCAAS das FPs analisadas. Um possível motivo para tal é a escolha dos métodos de quantificação de AAs, que podem não ser capazes de aferir/estimar a quantidade de todos os AAEs. Shay e Wegner (1986), por exemplo, tiveram que fazer uso de um método para mensurar exclusivamente a cisteína, enquanto Lapeña et al. (2020) fez o mesmo para o Triptofano. Outros artigos podem ter limitado suas análises por conta de falta de recursos financeiros, equipamentos ou prazos para publicação.

6.6 Limitações

Seja pelo que foi imposto pela quantidade de informação disponível na literatura, quanto pelo próprio desenho experimental, este artigo apresenta certas limitações.

Uma delas, a falta de análises importantes de QP, como BV e PER, reduzem o entendimento da QP dos produtos analisados. Ademais, a utilização do PDCAAS para aferir QP não é o mais indicado atualmente, com a substituição do mesmo pelo DIAAS, por oferecer uma informação mais precisa sobre a quantidade absorvível de cada AA e permitir escores acima de 100 (SCHAAFSMA, 2000). A permanência de estudos que não apresentaram todos os AAEs é também uma limitação importante, não só dos próprios artigos como deste trabalho que os revisa.

A falta de um critério metodológico rígido para admissão dos artigos também trouxe limitações. Ainda que exista uma metodologia de classificação validada, a avaliação dos critérios não é precisa, uma vez que não existe uma variedade ampla de estudos com a proposta do presente, para definir e padronizar critérios/vieses e o peso de cada um. É um instrumento utilizado portanto em artigos com menor nível de evidência e limitado a revisões narrativas e integrativas (LUNDH; GØTZSCHE, 2008).

Estudos direcionados a análise de composição de produtos estão mesclados com estudos que visam comparar diferentes produtos e meios de cultura. Há também um artigo focado nas variáveis do tratamento de um produto específico (REIHANI; KHOSRAVI-DARANI, 2018). Essa falta de homogeneidade impõe limitações a esse artigo como um todo e, em especial, na análise de qualidade metodológica e nível de evidência de cada artigo. É possível que artigos com nível de evidência limitada/moderada tenham alto nível de evidência no desenho experimental que se propuseram. Este trabalho pode avaliar somente, portanto, a qualidade da evidência para seu respectivo desenho experimental.

O número em si de trabalhos analisados, além de uma limitação, é a causa de todas as demais, reduzindo a quantidade de informação obtida e impossibilitando a sistematização dos resultados, não havendo também análise estatística entre grupos, por conta da heterogeneidade dos trabalhos e análises.

7. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

Para os propósitos e objetivos traçados, este trabalho cumpriu seu papel. Foi possível avaliar proteínas de leveduras e fungos, comparando-as com a carne bovina. Ficou evidente a qualidade inferior das fontes estudadas, com todas apresentando vários AAs em quantidade menor que os valores de referência, ao contrário da CB, que obteve valores superiores com todos os AAs. Ainda que algumas FPs apresentassem PDCAAS máximos, indicando uma boa quantidade de AAes/100g de proteína no produto, a distribuição destes não é a ideal para o consumo humano. Os artigos apresentados mostraram heterogeneidade e ausência de análises que comprometeram o nível de evidência deste trabalho.

Com todas as limitações, este trabalho permite expandir o atual entendimento sobre FPs de leveduras e fungos. É importante um maior número de estudos avaliando a QP de leveduras, fungos e SCPs no geral, dada a importância destas como alternativas sustentáveis na alimentação humana. Foi mostrado também a importância de estabelecer um padrão ouro metodológico para avaliar SCPs, a fim de avançar no entendimento sobre as espécies, meios de cultura e tipos de tratamento. Desta maneira, será possível gerar alimentos com a melhor qualidade nutricional possível e transpor um dos obstáculos para a utilização e recomendação destas FPs promissoras no hábito alimentar da população mundial.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMED, F.A. et al. Effect of prometryne and indole-3-acetic acid on the chemical composition of yeast protein. *Food Chemistry*, Cairo, v. 49, n. 4, p. 399-401, jan. 1994. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/0308-8146\(94\)90011-6](http://dx.doi.org/10.1016/0308-8146(94)90011-6).

ALÇAY, Ayla Ünver et al. Possible Protein Sources for the Future. *Akademik Gıda*, Istanbul, v. 16, n. 2, p. 197-204, 1 jan. 2018.

ALEXANDROV, Nikita et al. Dietary Protein Sources and Muscle Mass over the Life Course: the lifelines cohort study. *Nutrients*, Groningen, v. 10, n. 10, p. 1471-1488, 10 out. 2018. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/nu10101471>.

BARTOLOMEO, Maria Paola; MAISANO, Federico. Validation of a reversed-phase HPLC method for quantitative amino acid analysis. *J Biomol Tech*, Milan, v. 2, n. 17, p. 131-137, 17 abr. 2006.

BERRAZAGA, Insaf et al. The Role of the Anabolic Properties of Plant- versus Animal-Based Protein Sources in Supporting Muscle Mass Maintenance: a critical review. *Nutrients*, Clermont-Ferrand, v. 11, n. 8, p. 1825-1846, 7 ago. 2019. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/nu11081825>.

BOSI, G.; BATTAGLINI, M.. Gas Chromatographic Analysis of Free and Protein Amino Acids in Some Unifloral Honeys. *Journal Of Apicultural Research*, Perugia, v. 17, n. 3, p. 152-166, jan. 1978. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/00218839.1978.11099920>.

CHOLEWINSKA, Paulina et al. The microbiome of the digestive system of ruminants – a review. *Animal Health Research Reviews*, Cambridge, v. 21, n. 1, p. 3-14, 10 jan. 2020. Cambridge University Press (CUP). <http://dx.doi.org/10.1017/s1466252319000069>.

COELHO-JUNIOR, Hélio et al. Low Protein Intake Is Associated with Frailty in Older Adults: a systematic review and meta-analysis of observational studies. *Nutrients*, Campinas, v. 10, n. 9, p. 1334-1348, 19 set. 2018. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/nu10091334>.

CUSACK, Daniela F. et al. Reducing climate impacts of beef production: a synthesis of life cycle assessments across management systems and global regions. *Global Change Biology*, Fort Collins, v. 27, n. 9, p. 1721-1736, 3 mar. 2021. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/gcb.15509>.

DERBYSHIRE, Emma; AYOOB, Keith-Thomas. Mycoprotein. *Nutrition Today*, Surrey, v. 54, n. 1, p. 7-15, jan. 2019. Ovid Technologies (Wolters Kluwer Health). <http://dx.doi.org/10.1097/nt.0000000000000316>.

DREWNOWSKI, Adam; POPKIN, Barry M.. The Nutrition Transition: new trends in the global diet. *Nutrition Reviews*, Ann Arbor, v. 55, n. 2, p. 31-43, 27 abr. 2009. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1111/j.1753-4887.1997.tb01593.x>.

ELGHANDOUR, M.M.y. et al. *Saccharomyces cerevisiae* as a probiotic feed additive to non and pseudo-ruminant feeding: a review. *Journal Of Applied Microbiology*, Cidade do México, v. 128, n. 3, p. 658-674, 8 set. 2019. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/jam.14416>.

- FALCON, Wally et al. Introduction. In: FALCON, Wally et al. *Livestock's long shadow*. Rome: Lead, 2006. Cap. 1. p. 4-20.
- FINNIGAN, Tim J et al. Mycoprotein: the future of nutritious nonmeat protein, a symposium review. *Current Developments In Nutrition*, Stokesley, v. 3, n. 6, p. 1-5, 4 abr. 2019. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/cdn/nzz021>.
- GILANI, G.s.; LEE, N.. PROTEIN | Sources of Food-grade Protein. *Encyclopedia Of Food Sciences And Nutrition*, Ottawa, v. 1, n. 1, p. 4873-4879, 6 dez. 2003. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/b0-12-227055-x/00834-8>
- GONZALEZ-CASTRO, M. J. et al. Determination of Amino Acids in Green Beans by Derivatization with Phenylisothiocyanate and High-Performance Liquid Chromatography with Ultraviolet Detection. *Journal Of Chromatographic Science*, Santiago de Compostela, v. 35, n. 4, p. 181-185, 1 abr. 1997. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/chromsci/35.4.181>.
- HENDERSON, L. M.; BRICKSON, W. L.; SNELL, Esmond E.. A MICROMETHOD FOR THE MICROBIOLOGICAL DETERMINATION OF AMINO ACIDS. *Asbmb*, Madison, v. 1 p. 31-38, 1948.
- HOFFMAN, Jay R.; FALVO, Michael J.. PROTEIN – WHICH IS BEST? *Journal Of Sports Science And Medicine*, Las Vegas, v. 3, n. 1, p. 118-130, 19 jun. 2005.
- KIELISZEK, Marek et al. Accumulation and metabolism of selenium by yeast cells. *Applied Microbiology And Biotechnology*, Warsaw, v. 99, n. 13, p. 5373-5382, 24 maio 2015. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00253-015-6650-x>.
- KIELISZEK, Marek et al. Biotechnological use of Candida yeasts in the food industry: a review. *Fungal Biology Reviews*, Warsaw, v. 31, n. 4, p. 185-198, set. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fbr.2017.06.001>.
- KURCZ, Agnieszka et al. Application of Industrial Wastes for the Production of Microbial Single-Cell Protein by Fodder Yeast *Candida utilis*. *Waste And Biomass Valorization*, Warsaw, v. 9, n. 1, p. 57-64, 21 nov. 2016. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s12649-016-9782-z>.
- LANG, C. A.. Simple Microdetermination of Kjeldahl Nitrogen in Biological Materials. *Analytical Chemistry*, Baltimore, v. 30, n. 10, p. 1692-1694, 1 out. 1958. American Chemical Society (ACS). <http://dx.doi.org/10.1021/ac60142a038>.
- LAPEÑA, David et al. Production and characterization of yeasts grown on media composed of spruce-derived sugars and protein hydrolysates from chicken by-products. *Microbial Cell Factories*, Ås, v. 19, n. 1, p. 1-14, 3 fev. 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1186/s12934-020-1287-6>.
- LOPEZ, Michael J.; MOHIUDDIN, Shamim S.. *Biochemistry, Essential Amino Acids*. Statpearls, Augusta, v. 1, n. 1, p. 1-4, 26 mar. 2021.
- LUNDH, Andreas; GÖTZSCHE, Peter C. Recommendations by Cochrane Review Groups for assessment of the risk of bias in studies. *Bmc Medical Research Methodology*, Copenhagen, v. 8, n. 1, p. 1-9, 21 abr. 2008. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1186/1471-2288-8-22>.
- MARLOW FOODS, Quorn. Stokesley, UK, 2021. Acesso em 31/10/2021. <https://www.quorn.co.uk>.

- MATHAI, John K.; LIU, Yanhong; STEIN, Hans H.. Values for digestible indispensable amino acid scores (DIAAS) for some dairy and plant proteins may better describe protein quality than values calculated using the concept for protein digestibility-corrected amino acid scores (PDCAAS). *British Journal Of Nutrition*, Cambridge, v. 117, n. 4, p. 490-499, 28 fev. 2017. Cambridge University Press (CUP). <http://dx.doi.org/10.1017/s0007114517000125>.
- MCAFEE, Alison J. et al. Red meat consumption: an overview of the risks and benefits. *Meat Science*, Ulster, v. 84, n. 1, p. 1-13, jan. 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.08.029>.
- MCTAVISH, E. J. et al. New World cattle show ancestry from multiple independent domestication events. *Proceedings Of The National Academy Of Sciences*, Austin, v. 110, n. 15, p. 1398-1406, 25 mar. 2013. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1303367110>.
- MOO-YOUNG, Murray; CHISTI, Yusuf; VLACH, Dagmar. FERMENTATION OF CELLULOSIC MATERIALS TO MYCOPROTEIN FOODS. *Biotech Adv.*, Waterloo, v. 11, n. 1, p. 469-479, 1993.
- OUZZANI, Mourad et al. Rayyan: a web and mobile app for systematic reviews. *Systematic Reviews*, Doha, v. 210, n. 5. 2016. DOI: 10.1186/s13643-016-0384-4.
- PIRES, Christiano Vieira et al. QUALIDADE NUTRICIONAL E ESCORE QUÍMICO DE AMINOÁCIDOS DE DIFERENTES FONTES PROTÉICAS. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, v. 1, n. 26, p. 179-187, mar. 2006.
- REIHANI, S. Fatemeh S.; KHOSRAVI-DARANI, Kianoush. Influencing factors on single-cell protein production by submerged fermentation: a review. *Electronic Journal Of Biotechnology*, Valparaíso, v. 37, n. 1, p. 34-40, jan. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejbt.2018.11.005>.
- SALGADO, Catalina Landeta et al. Valorization and upgrading of the nutritional value of seaweed and seaweed waste using the marine fungi *Paradendryphiella salina* to produce mycoprotein. *Algal Research*, Santiago, v. 53, p. 1-10, 8 nov. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.algal.2020.102135>
- SCHAAFSMA, Gertjan. The Protein Digestibility–Corrected Amino Acid Score. *The Journal Of Nutrition*, Wageningen, v. 130, n. 7, p. 1865-1867, 1 jul. 2000. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/jn/130.7.1865s>.
- SHAY, L.K.; WEGNER, G.H.. Nonpolluting Conversion of Whey Permeate to Food Yeast Protein. *Journal Of Dairy Science*, Bartlesville, v. 69, n. 3, p. 676-683, mar. 1986. American Dairy Science Association. [http://dx.doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(86\)80456-8](http://dx.doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(86)80456-8).
- SIRI, Nathalie et al. HPLC-fluorescence detection and MEKC-LIF detection for the study of amino acids and catecholamines labelled with naphthalene-2,3-dicarboxyaldehyde. *Electrophoresis*, Toulouse, v. 27, n. 22, p. 4446-4455, nov. 2006. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/elps.200600165>.
- SLOCOMBE, Stephen P. et al. A rapid and general method for measurement of protein in micro-algal biomass. *Bioresource Technology*, Oban, v. 129, n. 1, p. 51-57, fev. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2012.10.163>.
- SPACKMAN, D. H.; STEIN, W. H.; MOORE, Stanford.. Automatic Recording Apparatus for Use in Chromatography of Amino Acids. *Analytical Chemistry*, New York, v. 30, n. 7, p. 1190-1206, 1 jul. 1958. American Chemical Society (ACS). <http://dx.doi.org/10.1021/ac60139a006>

STEPHENS, Neil et al. Bringing cultured meat to market: technical, socio-political, and regulatory challenges in cellular agriculture. *Trends In Food Science & Technology*, Uxbridge, v. 78, n. 1, p. 155-166, 27 abr. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2018.04.010>.

STOFFEL, Fernanda et al. Production of edible mycoprotein using agroindustrial wastes: influence on nutritional, chemical and biological properties. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, Caxias do Sul, v. 58, p. 1-10, 7 set. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ifset.2019.102227>.

TEE, R. D. et al. Investigation of possible adverse allergic reactions to mycoprotein ('Quorn'). *Clinical & Experimental Allergy*, London, v. 23, n. 4, p. 257-260, abr. 1993. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2222.1993.tb00319.x>.

UPCRAFT, Thomas et al. Protein from renewable resources: mycoprotein production from agricultural residues. *Green Chemistry*, Londres, v. 23, n. 14, p. 5150-5165, 2021. Royal Society of Chemistry (RSC). <http://dx.doi.org/10.1039/d1gc01021b>.

VIJN, Sandra et al. Key Considerations for the Use of Seaweed to Reduce Enteric Methane Emissions From Cattle. *Frontiers In Veterinary Science*, Washington, v. 7, n. 1, p. 1-9, 23 dez. 2020. Frontiers Media SA. <http://dx.doi.org/10.3389/fvets.2020.597430>.

WEDER, J.K.P.; BELITZ, H-D. PROTEIN | Food Sources. *Encyclopedia Of Food Sciences And Nutrition*, Maryland, v. 2, n. 1, p. 4818-4824, 6 dez. 2003. Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/b0-12-227055-x/00979-2>.