

Carne artificial

O sabor do amanhã,
cultivado hoje



SUMÁRIO

1 Introdução	02
2 Contexto Histórico	03
3 Produção da Carne Artificial	05
3.1 Técnica de auto-organização	05
3.2 Técnica de baseada em andaimes (scaffolds)	06
• 3.2.1 Células	07
• 3.2.2 Scaffolds	08
• 3.2.3 Meio de Cultivo e Fatores de Crescimento	09
• 3.2.4 Biorreator	10
• 3.2.5 Contração e Atrofia	11
4 Comparação	12
5 Conclusão	14
6 Referências	15

INTRODUÇÃO

Carne artificial, ou carne cultivada em laboratório, é um tema que, só de ser mencionado, faz muitos torcerem o nariz e desviarem o olhar. Parte dessa reação é fruto principalmente de um sentimento popular gerado por obras de ficção científica em que a humanidade vive em um futuro distópico, como em *Black Mirror* ou *Matrix*. Nessas obras, a ciência e a tecnologia são frequentemente utilizadas de forma indevida, afetando negativamente a humanidade.

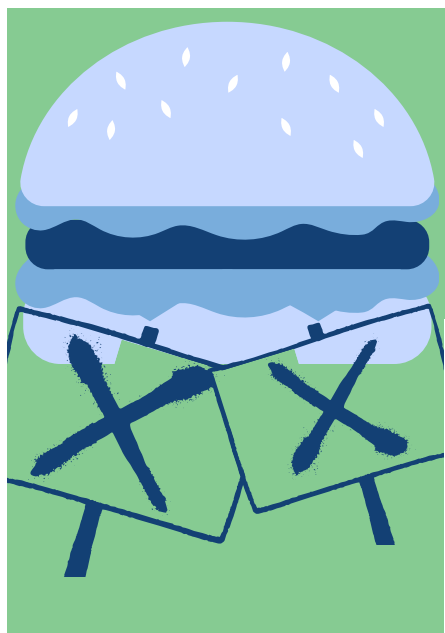


Embora a origem desse sentimento seja compreensível, o mesmo deve ser combatido, pois, ele se baseia no medo, e não em fatos. Quando os contra-argumentos se baseiam apenas em emoções, eles se tornam destrutivos em sua essência, fazendo com que as pessoas se oponham à tecnologia apenas por ela ser considerada "estranha" ou "assustadora". Isso não apenas afeta o desenvolvimento e a divulgação da carne cultivada, mas também faz com que questionamentos legítimos sobre o assunto, baseados em análises factuais e objetivas, sejam ofuscados por comentários sensacionalistas e infundados.

Este e-zine tem o objetivo de esclarecer a realidade sobre o desenvolvimento da carne cultivada, destacando seus pontos positivos e negativos, além de desmistificar os mitos criados em torno da carne artificial.

CONTEXTO HISTÓRICO

A carne artificial esteve na mente de pensadores e de cientistas por muito tempo, mas foi somente no começo dos anos setenta que as primeiras fibras musculares animais foram criadas em vitro*, as células da aorta de um porquinho-da-índia. Desde então, houveram várias tentativas para cultivar mais tipos de carne, e uma dessas vezes foi, surpreendentemente, na NASA! Em 2001, a agência americana buscava uma maneira de alimentar os astronautas sem transportar carne, o que os levou a produzir células de peru e de peixe.



Uma parte notória da história da carne em vitro foi seu primeiro teste em público. Foi em Londres que o primeiro hambúrguer desenvolvido em vitro foi provado e televisionado para o público. O hambúrguer desenvolvido na Universidade de Maastricht, na Holanda, não recebeu as críticas mais favoráveis. Além disso, o hambúrguer pesava 140 gramas e custava 250 mil euros para ser produzido, um pouco custoso para o consumidor médio. Apesar das críticas ao sabor e textura, foi um marco que chamou a atenção da indústria e dos consumidores para o futuro da alimentação.



Hoje em dia, a carne artificial entrou na fase das “startups”, em que inúmeras empresas foram fundadas, especialmente nos Estados Unidos e na Europa, mas com desenvolvimento recente na Ásia com Israel e Singapura. Todas essas empresas contribuem para o desenvolvimento dessa tecnologia e sua futura presença no mercado consumidor. Em 2023, os Estados Unidos aprovaram a venda de produtos de frango cultivados de empresas como Good Meat e Upside Foods. Esses produtos estão disponíveis em restaurantes selecionados, principalmente como ofertas premium. No cenário atual, o único continente que ainda não desenvolveu carne em vitro é a América do Sul.



PRODUÇÃO DA CARNE ARTIFICIAL

Com o que já foi mostrado por aqui, fica a pergunta: como exatamente é feita a carne artificial? Bom, existem atualmente duas formas de se produzir essa carne, que foram desenvolvidas ao longo dos anos com os esforços de cientistas das áreas da biotecnologia e engenharia. A primeira técnica que será apresentada é a técnica de auto-organização, e a segunda é conhecida como técnica baseada em andaimes.

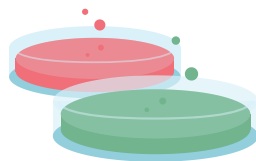
O que será explicado aqui terá como base o artigo “In vitro meat production system: why and how?” (Shruti Sharma, Sukhcharanjit Singh Thind, Amarjeet Kaur, 2005).

TÉCNICA DE AUTO-ORGANIZAÇÃO

A técnica de auto-organização na produção de carne artificial é assim chamada porque se baseia na capacidade das células de se organizarem espontaneamente em estruturas tridimensionais complexas, sem a necessidade de um molde rígido ou intervenção direta para posicioná-las.

Na técnica de auto-organização, um dos trabalhos mais notáveis foi o do uso de técnicas de engenharia de tecidos para a produção de carne de Benjaminson, Gilchrist e Lorenz (Benjaminson et al. 2002).

Em seus trabalhos usou-se o músculo de um animal doador que foi ser colocado em um meio embutido com nutrientes, como por exemplo, soro bovino fetal, extrato de farinha de peixe, extrato de shiitake, extrato de maitake, meio com células musculares esqueléticas de *Carassius* em meio fúngico. No experimento, foi observado o aumento de área superficial da carne com base no meio em que cada amostra estava, sendo esse aumento de 4,8% no extrato de shiitake a até 79% no meio com células de *Carassius*.





Esse método pode ser utilizado no Sistema de Produção de Carne In Vitro (IMPS), e mesmo com resultados animadores e um produto final com aparência e consistência próximas à carne convencional, ainda existem alguns fatores que inviabilizam a utilização desse processo em larga escala. Podemos citar, por exemplo, a necessidade de sangue para sustentar a amostra e da obtenção de amostras de animais doadores para. Esses fatores, além de tornarem o processo inviável a longo prazo (Dennis e Kosnik, 2000), acabam indo na contramão de um dos principais objetivos das pesquisas na área: diminuir as mortes e o sofrimento animal.

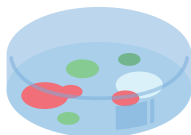


A ideia é fazer com que um corte como esse possa crescer e se desenvolver, produzindo mais carne. Mas ainda assim, um animal seria sacrificado no processo.



TÉCNICA BASEADA EM ANDAIMES (SCAFFOLDS)

Já o segundo método se baseia no cultivo de células tronco do animal doador que se proliferam em um transportador chamado andaime a partir de um meio de cultura em um biorreator. De acordo Bhat e Fayaz (2011), no cultivo são produzidas mio fibras que podem então ser colhidas, processadas e consumidas como carne ou seus produtos. Para entender como isso acontece, é importante entender também o que influencia a quantidade e a qualidade da produção da carne. São eles os seguintes fatores:

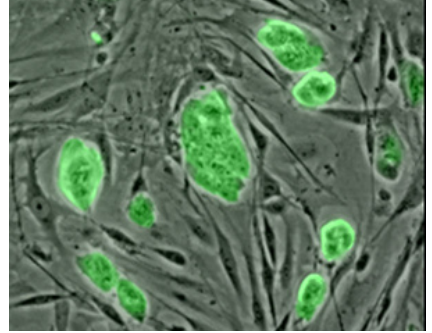




Células

Para produzir carne em IMPS, é necessário a utilização de células animais específicas que têm capacidade de regeneração e proliferação.

As principais fontes celulares são as células-tronco embrionárias, adultas e mio-satélites (1). As embrionárias apresentam alto potencial de regeneração, mas acumulam mutações e têm limitações na diferenciação em mio-blastos (2), tornando seu uso menos viável (Bhat e Bhat, 2011). Já as células-tronco adultas e mio-satélites são mais adequadas: as adultas, extraídas de tecidos como gordura, são menos invasivas de obter, mas possuem risco de transformação maligna (3) (Datar e Betti, 2010); enquanto as mio-satélites, encontradas no músculo, têm alta eficiência na formação de tecido muscular, apesar de regeneração limitada (Edelman et al., 2005; Post, 2012).



Células embrionárias de um rato.

(1) Células mio-satélites: são células-tronco musculares que tem papel essencial na regeneração e crescimento muscular, sendo ativadas em resposta a lesões, exercício físico intenso ou estresse mecânico.

(2) Mio-blastos: são células precursoras das fibras musculares esqueléticas, que surgem a partir das células mio-satélites ativadas e têm papel fundamental no crescimento, regeneração e reparo muscular.



(3) Transformações malignas: são alterações genéticas que fazem com que células normais se tornem cancerosas ou adquiram um comportamento descontrolado e invasivo.



Scaffolds: O Alicerce da Produção de Carne Cultivada

Os scaffolds (ou andaimes) são estruturas fundamentais na produção de carne cultivada, pois fornecem suporte para que as células se fixem, cresçam e se diferenciem (Bhat e Bhat, 2011). Para serem eficazes, esses andaimes devem ser comestíveis, feitos de materiais não derivados de animais, e imitar as condições naturais do tecido, como flexibilidade e rigidez adequadas. Além disso, superfícies texturizadas ajudam no alinhamento das células musculares, enquanto materiais como colágeno e celulose têm sido sugeridos por sua capacidade de tornar os scaffolds porosos e funcionais (Williams, 2012).

Entretanto, ainda existem alguns desafios, como a dificuldade em criar scaffolds que sejam flexíveis para estimular o alongamento e a contração das células, e o processo de remoção das células diferenciadas após o cultivo. Apesar dessas limitações, pesquisadores destacam a importância de scaffolds com grandes áreas de superfície (Datar e Betti, 2010) e continuam explorando novos designs e materiais que sejam compatíveis, funcionais e sustentáveis, na busca pelo desenvolvimento de um processo mais eficiente e econômico.

Para ilustrar, na imagem abaixo, podemos ver dois tipos diferentes de células sendo suportadas por scaffolds:

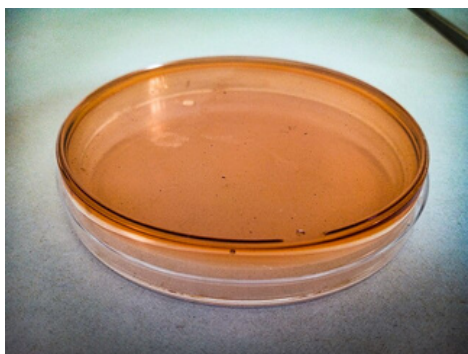




Meio de cultivo e fatores de crescimento

O meio de cultura é essencial para o cultivo de células, pois fornece os nutrientes e fatores de crescimento necessários para o desenvolvimento do tecido. Tradicionalmente, esse meio é derivado de fontes animais, como soro de sangue de adultos, recém-nascidos ou fetos (Coecke, 2005). Durante o processo, os fatores de crescimento podem ser produzidos pelas próprias células musculares ou por outras células, como os hepatócitos (4). Além disso, conforme as células entram nas fases de diferenciação e maturação, suas necessidades mudam, exigindo ajustes na formulação do meio. Para atender a essas demandas, proteínas recombinantes (5) produzidas por organismos transgênicos podem ser adicionadas (Houdebine, 2009).

De acordo com Datar e Betti (2010), o uso de meios tradicionais enfrenta desafios como alto custo, questões éticas relacionadas ao uso de soro fetal bovino e o risco de contaminação por infecções.



Meio de cultura em placa de petri, para ilustrar.

- (4) Hepatócitos: são células encontradas no fígado capazes de sintetizar proteínas, usadas tanto para exportação como para sua própria manutenção, sendo uma das células mais versáteis do organismo.
- (5) Proteínas recombinantes: são proteínas produzidas artificialmente por meio de engenharia genética.



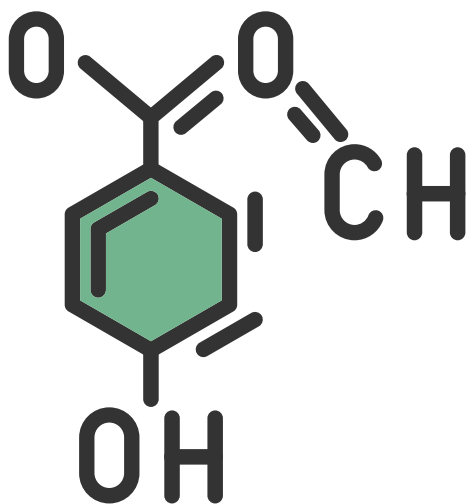


Biorreator

O biorreator é fundamental aqui, uma vez que se busca a perfusão média. Para abrigar as células durante o processo de IMPS, é necessário um recipiente fechado de grande área para abrigar e produzir grandes quantidades de tecido (Bhat e Bhat, 2011; Martin et al., 2004). Além disso, ele cria um ambiente propício para o cultivo da carne. Com essas características, o biorreator se torna fundamental para atingir altos níveis de perfusão (6), que são a base para a produção de carne artificial em larga escala.



O biorreator em que ocorre esse processo é semelhante à esse.



(6) Perfusão: processo de passagem de fluidos através dos tecidos ou órgãos do corpo, garantindo a entrega de oxigênio e nutrientes essenciais para seu funcionamento. No contexto de biotecnologia, é utilizada para manter células vivas e produtivas, removendo resíduos e fornecendo nutrientes continuamente.

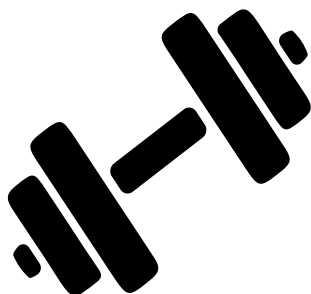
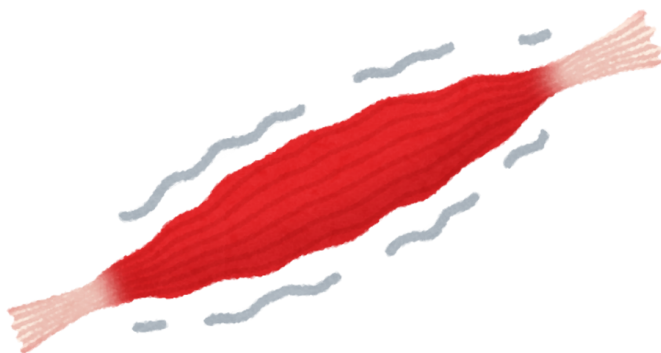




Contração e atrofia

O crescimento de músculo esquelético em laboratório requer contrações regulares, pois isso promove a diferenciação das células e previne a atrofia – uma condição em que o músculo perde massa devido à falta de uso, desnervação ou redução do tamanho celular (Charge et al., 2002; Fox, 1996; Ohira et al., 2002). Embora os músculos no corpo sejam naturalmente estimulados por nervos, estudos não confirmam se a ausência dessa estimulação no cultivo em laboratório é um problema. Eles mostraram que alongamentos e relaxamentos repetidos, ajudam na diferenciação em miotubos, estruturas fundamentais para a formação de músculos (Powell et al., 2002).

Além disso, a estimulação elétrica tem demonstrado ser eficaz para promover a diferenciação em alguns organismos (Kosnik et al., 2003). Essa abordagem pode ser usada como um tipo de "exercício" para prevenir a atrofia em sistemas de produção de carne cultivada (IMPS), segundo Datar e Betti (2010) e Edelman (2003).



Comparações

A produção de carne tradicional se baseia na criação de gados até atingir a idade de abate, que varia dependendo do tipo de carne. Quanto à carne artificial, os métodos de produção são mais diversos.

Comparando os dois tipos de produção, apesar da carne artificial estar ainda em desenvolvimento, é possível destacar pontos como:

Ética

Considerando o curto tempo de vida de animais criados para abate e, em certos casos, os métodos crueis utilizados para ceifá-los, a carne artificial surge como opção para combater a crueldade animal visto que no processo não há necessidade de abate para o cultivo.

Questões sanitárias

Visto que a carne convencional está suscetível a doenças provenientes de patógenos no animal e contaminações no processo de abate e/ou transporte, a carne culturada pode oferecer menores riscos comparadas com a convencional já há um maior nível de controle sobre a produção.

Economia

Caso a carne de laboratório torne-se mais popular e acessível o Brasil e outros países ainda em desenvolvimento produtores de carne seriam impactados negativamente visto que países mais desenvolvidos possuem maior domínio na biotecnologia e fatores como quantidade de terra e recursos naturais não se tornam mais limitadores. Haveria também mudanças como o perfil dos trabalhadores na área se tornando ainda mais qualificados e uma necessidade menor de mão de obra.

Impacto ambiental

A produção da carne convencional possui um grande papel nas mudanças climáticas quando consideramos o desmatamento para ampliar as áreas de cultivo, as grandes emissões de metano - gás contribuinte para o aquecimento global - pelos animais e os notáveis consumos de água e energia para a produção. Apesar de atualmente não ser economicamente viável, o futuro da carne laboratorial pode ser promissor já que poderia produzir com menor consumo e sem emitir gases estufas com avanços tecnológicos.

Conclusão

Em suma, a carne artificial, ou carne cultivada, é uma novidade que está cada vez mais perto de chegar aos mercados e está na mira de diversos investidores.

Um detalhe importante que ainda deve ser considerado é o seu preço, pois, apesar de, atualmente, ser mais cara que a carne convencional, seu processo de produção foi e está sendo refinado cada vez mais, levando não só a aprimoração do gosto e a aparência da carne artificial quanto para a diminuição do seu preço.

A produção de carne cultivada também pode ser uma saída sustentável para alimentar a crescente população mundial, sendo um processo que usa poucos animais em sua produção e reduziria drasticamente as emissões de gases do efeito estufa provenientes das criações, além de evitar também os maus-tratos e o abate dos bichos. Além disso, o consumo de água necessário para a produção também é muito menor que na pecuária e a carne de laboratório não necessita de hormônios para sua criação, o que evitaria contaminações e problemas de saúde.



Vale lembrar que o objetivo dos cientistas é eliminar ao máximo a necessidade de usar elementos animais na produção da carne artificial. Dessa forma, ela é produzida com menor impacto ao meio ambiente do que outros tipos de carne.

No entanto, pode levar algum tempo para que esses bifes cheguem aos supermercados. Ainda não se sabe os custos de uma carne cultivada dessa maneira. O grande desafio das produtoras é igualar os preços da carne artificial aos da indústria frigorífica. Afinal, os benefícios ambientais e para a sustentabilidade são muitos. Se conseguir se tornar acessível, a carne artificial é uma saída limpa para a alimentação do futuro.



Referências

- FISHER, Marta Luciane; GANG, Jéssica de; ROSANELI, Caroline Filla. Carne artificial como alternativa alimentar: um debate bioético necessário. Revista Húmus, v. 11, n. 33, p. 243-263, 2021. periodicoseletronicos.ufma.br/index.php/revistahumus/article/view/16258/9548. Acesso em 01 dez. 2024.
- SILVA, Lariza Gabriele Pereira da; GOMES, Marina de Nadai Bonin; DUARTE, Marjorie Toledo; SURITA, Lucy Mery Antônia; LIMONI, Bruno Henrique de Souza. Carnes para o futuro: carne orgânica x carne artificial, uma revisão. Anais da XI Mostra Científica FAMEZ, 2018. <https://famez.ufms.br/files/2015/09/CARNES-PARA-O-FUTURO-CARNE-ORG-NICA-X-CARNE-ARTIFICIAL-UMA-REVIS%C3%83O-1.pdf>. Acesso em 01 dez. 2024.
- SHARMA, Shruti; THIND, Sukhcharanjit Singh; KAUR, Amarjeet. In vitro meat production system: why and how?. Journal of Food Science and Technology. v. 52, p. 7599-7607, 2015. pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4648904/. Acesso em 01 dez. 2024.
- Business Insider. Can Lab-Grown Steak be the Future of Meat? | Big Business | Business Insider. 2022. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=UQejwvnogOM>. Acesso em 01 dez. 2024.

Carne artificial: o sabor do amanhã, cultivado hoje by Eduardo Kazuo Mori do Prado; Eduardo Cotta; Victor Teixeira Ferreira; Matheus Rodrigues de Moraes Barbosa; Heitor de Moraes Barardi is marked with CC0 1.0 Universal

MUITO OBRIGADO!

Essa foi nossa e-zine. Esperamos que o conteúdo dela tenha sido interessante e que também tenha contribuído ao leitor a desmitificar esse assunto. Novamente, muito obrigado!

AUTORES

Eduardo Kazuo Mori do Prado	Introdução
Eduardo Cotta García	Contexto Histórico
Victor Teixeira Ferreira	Produção da Carne Artificial
Matheus Rodrigues de Moraes Barbosa	Comparação
Heitor de Moraes Barardi	Conclusão

