



Prato de Ciência - Direto do forno 09

Carne do futuro? Desafios e possibilidades da produção em laboratório



Giovanna Rodrigues: O consumo mundial de carne hoje é quatro vezes maior do que há 50 anos. O aumento não se deve apenas ao crescimento da população do planeta, mas também ao avanço econômico nos países de renda média, como China e Brasil, e também aos movimentos fit, em que há preocupação com a ingestão de proteína, e a galera que é adepta da dieta carnívora, em que comem carne em todas as refeições. Mas será que isso é uma boa notícia?

Giovanna Rodrigues: Atualmente, quase 90 bilhões de animais são abatidos por ano para consumo humano. Isto é, mais do que dez vezes o número de pessoas que temos no planeta. Segundo relatório da ONU, até 2050 a população global deve alcançar cerca de 10 bilhões de pessoas. Se o ritmo de consumo de carne que existe hoje se mantiver até lá, a produção mundial de carne terá que aumentar ainda mais, o que os especialistas consideram insustentável para o planeta.

Gabriela Alegre: Além da alta demanda por terras para a criação de tantos animais, e para o cultivo de soja e milho que produz a ração para alimentá-los, há também a questão dos gases de efeito estufa que são liberados pelo gado, e que contribuem para o aquecimento global e mudanças climáticas. A preocupação com os impactos ambientais do atual modelo de pecuária tem impulsionado a busca por novas formas de se produzir esse alimento tão presente nas mesas do mundo todo. É nesse contexto que surgiu a proposta de cultivar carne em laboratório, uma alternativa que seria mais sustentável, além de reduzir o abate de animais. Mas afinal, como é produzida a carne de laboratório e quais são os desafios em sua produção?

VINHETA

Giovanna Rodrigues: Olá ouvintes do Prato de Ciência. Aqui é a Giovanna Rodrigues

Gabriela Alegre: E eu sou a Gabriela Alegre. Hoje o nosso Direto do Forno é sobre esse tema tão novo e ainda pouco conhecido: carne de laboratório.



Prato de Ciência - Direto do forno 09

Carne do futuro? Desafios e possibilidades da produção em laboratório



Giovanna Rodrigues: Sem sombra de dúvidas é um tema que merecia um episódio por aqui e nós, duas curiosas, fomos atrás de pesquisar mais sobre, mas ninguém melhor do que as nossas duas convidadas para nos explicar tudinho sobre os componentes dessa produção tão inovadora.

Gabriela Alegre: Durante esse episódio, vocês vão ouvir a Rosana Goldbeck, professora do Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos aqui da Faculdade de Engenharia de Alimentos da Unicamp, e a orientada dela, a engenheira química Bárbara Flaibam. O projeto de doutorado da Bárbara foi destaque recentemente na Revista Pesquisa Fapesp, que é uma revista jornalística financiada pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, especializada em cobrir a produção científica e tecnológica do Brasil.

Giovanna Rodrigues: Para começar, precisamos entender como é produzida a carne de laboratório ou carne cultivada, carne artificial, carne de cultura, como preferir chamar...

Rosana Goldbeck: A carne de laboratório é uma tecnologia nova, mas vem da própria carne. É feito uma biópsia da célula animal e é cultivada em condições controladas que seriam os biorreatores. A grande vantagem é a questão ética, né, do processo, então a gente tá produzindo uma proteína animal, sem ter que ter o sofrimento, o abate animal. Então apenas com uma biópsia dessa célula a gente consegue produzir essa carne que é o grande desafio do futuro, como alimentar a população e a gente ter mais proteína animal disponível. Tem uma demanda de aumento da população muito grande que a gente tem que se preocupar como suprir e como ter proteína animal disponível para toda a população. Então essa tecnologia só vem agregar, vem colaborar com outros produtos tradicionais que a gente tem aí.

Giovanna Rodrigues: Quem nós acabamos de ouvir foi a professora Rosana Goldbeck.

Bárbara Flaibam: Porém a carne cultivada, ela não envolve abate animal para fazer a biópsia do tecido animal, não necessita fazer o abate desse animal, e ela busca, então, a partir da estruturação e da sua configuração, aproximar as características sensoriais e nutricionais aí da carne tradicional.



Prato de Ciência - Direto do forno 09

Carne do futuro? Desafios e possibilidades da produção em laboratório



Gabriela Alegre: E essa é a Bárbara Flaibam, que nos deu mais detalhes sobre essa produção...

Bárbara Flaibam: A produção de carne cultivada, ela envolve basicamente quatro etapas: a primeira etapa é a biópsia, retirada das células do animal que ainda se encontra vivo. Essas células são tratadas, são limpadas, são isoladas, e elas vão então para serem proliferadas. Faz-se um crescimento inicial em laboratório e depois elas partem para proliferação em biorreatores. A outra etapa seria uma etapa de diferenciação onde essas células, normalmente as células troncos, elas se diferenciam em diferentes células, que podem ser aproveitadas para composição dos tecidos da carne cultivada, e na etapa final essas células, essa biomassa celular, ela é reunida e configurada para gerar um produto final que dá origem a um produto parecido a carne convencional.

Gabriela Alegre: Após fazer a coleta das células do animal por um procedimento minimamente invasivo, essas células são colocadas dentro de um biorreator, onde junto com um meio de cultura, rico em nutrientes, sais e fatores de crescimento, vai simular as condições fisiológicas presentes no corpo do animal, permitindo então que essas células se proliferem, aumentando em quantidade, até formarem um novo tecido muscular. Esse biorreator é um ambiente dinâmico, que permite trocas gasosas e de nutrientes, além de manter a temperatura controlada.

Giovanna Rodrigues: Não sei para vocês, mas pra mim, pensar em carne de laboratório dá uma vibe de “Os Jetsons”. Apesar de ainda não encontrarmos produtos deste tipo no mercado, as pesquisas vêm crescendo muito. Em 2013, um pesquisador da Holanda produziu o primeiro hambúrguer de carne cultivada em laboratório, que custou duzentos e cinquenta mil dólares. E por que esse valor tão alto, Rosana?

Rosana Goldbeck: Quando a gente desenvolve uma nova tecnologia, sempre ela tem um custo elevado. Do primeiro hambúrguer que foi criado até hoje, os estudos que vêm sendo desenvolvidos, essa tecnologia já barateou bastante o custo do processo, mas ainda a gente tem um custo elevado. E a gente tem que ter um custo competitivo para conseguir entrar com esse produto no mercado. Principalmente o que norteia o alto custo da produção, um dos fatores, é o meio de cultivo. Então, o meio de cultivo é a base de componentes animais, a base de soro fetal



Prato de Ciência - Direto do forno 09

Carne do futuro? Desafios e possibilidades da produção em laboratório



bovino. Ele é um componente que é utilizado há muitos anos para cultivo de células, porque ele é rico em proteínas, em vitaminas, hormônios, fatores de crescimento, então ele é um meio muito completo, mas isso encarece.

Gabriela Alegre: Bastante usado nos campos de engenharia de tecidos e medicina regenerativa, o soro fetal bovino é uma substância extraída do sangue de fetos de vacas prenhas enviadas para o abate. É um insumo eficiente para a multiplicação das células, mas caro para a produção em escala industrial, como explica a professora Rosana.

Rosana Goldbeck: Na área da alimentação, que a gente tem que ter grande volume, é preciso escalonar o processo, e a gente precisa diminuir o custo para ele ser competitivo. Então, além de ter essa questão ética de estar usando um componente animal que vem do soro fetal bovino, ele tem também um custo elevado, então estudos mostram que de 55 a 95% do custo do processo pode estar refletido em relação ao meio de cultivo. Então exatamente na pesquisa da Bárbara, né, tanto no mestrado, no doutorado, a gente visa estudar outras fontes para substituir o soro fetal bovino na constituição desse meio de cultivo.

Gabriela Alegre: A Bárbara estudou o potencial de resíduos vegetais, como farelos de soja, de amendoim e de girassol, levedo de cerveja e subprodutos da produção do etanol do milho, para substituir o soro fetal bovino. Esses meios têm algumas características em comum, né, Rosana?

Rosana Goldbeck: Focando principalmente no teor nutricional deles, e principalmente de buscar resíduos que tem alto teor de proteína, porque justamente esses meios, tanto o soro fetal bovino como os meios basais, eles são ricos em proteínas, peptídeos, aminoácidos livres, então a gente busca trabalhar com resíduos agroindustriais que a gente consiga hidrolisar e ter a mesma qualidade nutricional. A gente visa identificar esses resíduos e analisar a qualidade nutricional deles para, então, depois fazer formulações de meio de cultivo pra gente proliferar essas células.

Bárbara Flaibam: Os insumos que a gente obtém a partir desses resíduos substituem, principalmente, a parte proteica do soro fetal bovino. Tem outros componentes ainda que são necessários, hormônios, fatores de crescimento, mas ao longo dos nossos estudos, da nossa pesquisa, a gente vem percebendo, que os hidrolisados, principalmente provenientes desses



Prato de Ciência - Direto do forno 09

Carne do futuro? Desafios e possibilidades da produção em laboratório



resíduos agroindustriais, eles têm favorecido o cultivo celular em termos de aminoácidos, de proteínas, de peptídeos, que são oferecidos, né, principalmente aminoácidos livres e peptídeos de baixo peso molecular que favorecem o crescimento celular, e então eles substituem, principalmente, essa parte proteica, e eles apresentam custos bem mais reduzidos quando comparados, em base seca, com soro fetal bovino.

Giovanna Rodrigues: Aqui vale um parênteses: o termo “hidrolisados” que a Bárbara usou, significa que o material utilizado passou por um processo de quebra ou redução de algum componente, nesse caso as proteínas, resultando em moléculas menores como peptídeos e aminoácidos. Imagine a proteína como se fosse uma parede que ao ser quebrada libera os tijolinhos, esses tijolinhos seriam os hidrolisados.

Bárbara Flaibam: A gente substituiu, trocou, o soro fetal bovino que normalmente é usado numa concentração de 10% no meio de cultura, a gente conseguiu reduzir para 1% suplementando com os nossos hidrolisados. E além disso a gente conseguiu um crescimento 1,2 vezes superior ao que a gente tinha no padrão, que era com 10% de soro fetal bovino. Então, olhando esse resultado, a gente observa que o componente protéico dos nossos hidrolisados é favorável para o cultivo de células, porque ele aumentou o cultivo em relação ao padrão que normalmente é utilizado com meio de cultivo e soro fetal bovino.

Gabriela Alegre: Vale ressaltar que, como disse a Bárbara, o foco desta pesquisa não é a produção da carne em si, mas sim, o meio de cultivo que viabiliza essa produção.

Giovanna Rodrigues: Mas se engana quem pensa que o uso desses hidrolisados é só uma questão de redução de custo de produção. Quais são os outros pontos positivos dessa substituição, Rosana?

Rosana Goldbeck: A gente tem um país do agronegócio, gera um excedente muito grande de resíduos agroindustriais, eles são aproveitados, muitas vezes, para ração animal, outros subprodutos do processamento de alimentos, mas, mesmo assim, tem um excedente muito grande, então a gente também contribui para diminuir o impacto ambiental. A questão de aproveitar resíduos agroindustriais que poderiam ser descartados e ter um aproveitamento sustentável disso, e focando, principalmente, no teor nutricional deles. E principalmente de



Prato de Ciência - Direto do forno 09

Carne do futuro? Desafios e possibilidades da produção em laboratório



buscar resíduos que tem alto teor de proteína, porque justamente esses meios, tanto o soro fetal bovino como os meios basais, eles são ricos em proteínas, peptídeos, aminoácidos livres.

Gabriela Alegre: Além de contribuir com a inovação e desenvolvimento, essa pesquisa nos dá indícios de que estamos caminhando rumo a formas de produção de proteína animal mais éticas e sustentáveis. Mas, por melhor que o cenário possa parecer, ainda há problemas a serem resolvidos.

Rosana Goldbeck: Então, como a gente comentou, toda tecnologia nova ainda tem muitos desafios pela frente. Temos desafios em todas as etapas do processo, ainda tem muitas pesquisas sendo desenvolvidas no melhoramento dessas células, muitos pesquisadores trabalhando no desenvolvimento de biorreatores, configurações de biorreatores mais adequadas, outros pesquisadores trabalhando na parte de desenvolvimento de scaffolds, que são as estruturas onde a carne vai se aderir e vai se proliferar, e também relacionadas ao meio de cultivo. E tem grupos de pesquisa específicos trabalhando em cada um deles. Nós trabalhamos mais na parte de desenvolvimento de meio, para diminuir o custo do processo que é um dos grandes desafios.

Giovanna Rodrigues: Realmente, Rosana, é todo um novo mundo que precisa ser descoberto.

Bárbara Flaibam: E até mesmo buscar linhagem celulares tem sido um desafio, né? Porque sabe-se que isolar células animais é difícil também, e os pesquisadores também têm estudado linhagens que são adaptadas para meio sem soro fetal, então isso também é uma outra linha de estudo.

Gabriela Alegre: Ótima observação, Bárbara. São novas áreas de pesquisa se abrindo e se desenvolvendo a todo momento.

Giovanna Rodrigues: Em contrapartida ao consumo de carne, as causas ambientais e os movimentos vegetarianos e veganos cresceram muito nos últimos anos. A carne de laboratório é uma alternativa mais sustentável e sem o abate do animal, mas, ao mesmo tempo, sua



Prato de Ciência - Direto do forno 09

Carne do futuro? Desafios e possibilidades da produção em laboratório



aceitação por parte do consumidor ainda é uma incógnita. Escuta o que a Rosana pensa sobre isso...

Rosana Goldbeck: Hoje, a gente tem uma geração de pessoas muito preocupadas com o bem estar animal, preocupado com meio ambiente, com a questão do impacto ambiental, porque essa tecnologia também visa diminuir os impactos ambientais, além da questão ética do sofrimento. Então eu acredito que as novas gerações vão enxergar essa carne com bons olhos, mas vai ter toda uma questão de aceitabilidade de, se ele for um custo um pouco, 10, 20, 30% mais acima, pode ser que tenha um nicho de pessoas específicas que consomem, daí vai ter, vai ser um produto mais nichado, pessoas específicas que têm um alto poder aquisitivo que vão consumir.

Gabriela Alegre: De acordo com uma estimativa da empresa de consultoria norte-americana AT Kearney, em 2040, o consumo mundial de carne será de 40% de carne convencional, 35% de cultivada, e 25% à base de plantas.

Giovanna Rodrigues: Certamente, essas estimativas de consumo vão depender do custo da carne cultivada, como a professora Rosana já citou, mas também precisamos pensar em como os pequenos produtores de carne vão receber essa novidade, além de fatores como o sabor ou mesmo o acesso à informação, já que muita gente tem receio dessas novas tecnologia.

Gabriela Alegre: Além disso, a gente precisa lembrar que muitas pessoas optam por não comer carne, decisão que acontece motivada por várias razões: pela saúde, pelo meio ambiente, pelos animais, pela religião. Vocês acham que esse público vegetariano e vegano irá consumir a carne cultivada?

Bárbara Flaibam: Isso vai depender muito das escolhas individuais e das motivações pessoais relacionadas a dieta de cada indivíduo. A gente acredita que os vegetarianos podem ver a carne cultivada como uma alternativa aceitável, já que não envolve o abate animal, mas os veganos ainda podem ter um pouco mais de cautela quanto a carne cultivada porque ela vai ser um produto de origem animal, ela é proveniente de célula animal, então ela não é um produto análogo, ela vai ser carne de verdade.



Prato de Ciência - Direto do forno 09

Carne do futuro? Desafios e possibilidades da produção em laboratório



Giovanna Rodrigues: Faz muito sentido esse seu ponto de vista, Bárbara. E já que a carne cultivada é tão semelhante à carne animal convencional, podemos esperar por produtos iguais aos que encontramos nos mercados e açougues?

Bárbara Flaibam: Isso, o produto pode ser tanto estruturado quanto não estruturado, ou seja, a gente pode gerar almôndegas, hambúrgueres, ou carnes de corte, bifés, né.

Giovanna Rodrigues: Estes produtos não estruturados são hambúrgueres, almôndegas, salsichas e *nuggets*, por exemplo, esses que não tem a estrutura de um pedaço de carne. Já os produtos estruturados incluem os cortes de carne, como um medalhão ou um bife. A produção dos estruturados é mais complexa e apresenta um desafio técnico superior, já que a carne é formada por diferentes estruturas como fibras musculares, células de gordura, vasos sanguíneos e tecido conjuntivo. Quando a gente fala desses cortes estruturados, existe toda uma expectativa de formato, textura e composição. Ou seja, criar uma picanha ou um peito de frango a partir da carne cultivada é muito mais complicado do que fazer um bolinho.

Gabriela Alegre: Apesar dos desafios tecnológicos relacionados a sua produção, a Bárbara contou que a carne cultivada poderia oferecer algumas vantagens na composição nutricional em relação à carne tradicional.

Bárbara Flaibam: E a gente pode melhorar as características nutricionais, por exemplo, utilizando gorduras com valor nutricional melhor. Então dá para a gente melhorar a característica do produto final, então não só a configuração, mas também em termos nutricionais, inserir vitaminas e outros componentes que são essenciais para dieta humana.



Prato de Ciência - Direto do forno 09

Carne do futuro? Desafios e possibilidades da produção em laboratório



Giovanna Rodrigues: Embora, em teoria, seja possível realizar algumas alterações para que a carne de laboratório apresente características mais benéficas para a saúde do que a carne convencional, é preciso ter cautela quanto ao uso de aditivos e processos para o tiro não sair pela culatra. Ou seja, alterar tanto o produto a fim de melhorar suas características nutricionais mas acabar gerando mais um ultraprocessado pro mercado.

Gabriela Alegre: E considerando a classificação NOVA utilizada no Guia Alimentar para a População Brasileira, seria possível prever como a carne de laboratório seria classificada?

Bárbara Flaibam: Então é difícil, né, ainda, classificar a carne cultivada, se ela vai ser ultraprocessada, minimamente processada, porque vai depender do que vai ser, do processo que vai ser envolvido, dos aditivos que vão ser utilizados e de como a regulamentação vai ser estabelecida no mercado para esse produto. A gente sabe que vai precisar de vários processos né, várias etapas para a gente configurar uma biomassa celular num produto cárneo com uma configuração parecida à carne convencional, com as características sensoriais e nutricionais adequadas. Eu acho que ainda é muito cedo para a gente falar se é um produto ultraprocessado, minimamente processado, eu acho que a gente só pode classificar hoje a carne de laboratório, a carne cultivada, como um produto de tecnologia inovadora, altamente inovadora.

Giovanna Rodrigues: Acho legal pensarmos que hoje, quando compramos um corte de carne, ele é um produto in natura ou minimamente processado. Quando compramos um análogo de carne, isto é, um produto plant-based que tem a intenção de imitar a carne, muito provavelmente ele vai ser um alimento ultraprocessado, com aditivos, corantes e aromatizantes, que são utilizados para deixá-lo o mais parecido possível com a carne. Já quando falamos em hambúrgueres, encontramos produtos processados, compostos por só carne e sal, mas também as versões ultraprocessadas, cheias de aditivos.



Prato de Ciência - Direto do forno 09

Carne do futuro? Desafios e possibilidades da produção em laboratório



Gabriela Alegre: Muito provavelmente, com a carne cultivada, será algo similar: teremos as versões minimamente processadas, processadas e ultraprocessadas. Mas isso vamos ter que esperar pra ver.

Giovanna Rodrigues: Apesar de parecer um futuro ainda distante, já existem algumas iniciativas para disponibilizar esses produtos no mercado. Singapura foi o primeiro país a aprovar a comercialização de carne cultivada, em dezembro de 2020. Os Estados Unidos vieram em seguida, em junho de 2023, concedendo aprovação para a venda do frango das empresas Upside Foods e Eat Just. Esses produtos chegaram a ser ofertados em um restaurante em Singapura e em dois dos Estados Unidos, mas por pouco tempo. Em janeiro deste ano, Israel concedeu autorização à empresa Aleph Farms para a comercialização de seu *Petit Steak* e poderá ser o primeiro país a vender carne bovina cultivada. E aqui no Brasil as coisas também estão caminhando, ainda que em passos mais lentos.

Gabriela Alegre: Além de empresas brasileiras que já estão de olho nessa nova tecnologia, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária, a ANVISA, publicou a RDC de nº 839, em dezembro de 2023, que atualiza as regras, os fluxos e os procedimentos para a comprovação de segurança e autorização de uso dos novos alimentos e novos ingredientes. A publicação desta legislação foi um grande avanço para produtos como a carne cultivada, e a professora Rosana vê com otimismo essa movimentação.

Rosana Goldbeck: No Brasil, hoje, nós temos um cenário positivo, tanto de empresas startups avançando nisso, mas a gente não tem esse produto ainda no mercado. Eu acredito que sim, ainda demora mais um tempo, mas até cinco anos, eu acredito que a gente vai ter essa tecnologia no mercado, não de curto nem de longo prazo, eu acho mais a médio prazo a gente tem essa tecnologia disponível. Diferente de outros países, a gente tem, na Itália, na Europa, uma questão mais conservadora a esses processos, ainda não são aprovados, mas a gente já teve um sinal um pouco positivo aqui no Brasil, em relação ao regulatório, com a publicação desta RDC aí.

Gabriela Alegre: Confesso que a carne cultivada me deixa bem curiosa e empolgada, e acredito que ela mereça mais um episódio.



Prato de Ciência - Direto do forno 09

Carne do futuro? Desafios e possibilidades da produção em laboratório



Giovanna Rodrigues: Eiii Gabi, se controla aí no spoiler, por hoje vamos encerrar o assunto! Muito obrigada professora Rosana e Bárbara pela entrevista. Eu sou a Giovanna Rodrigues e produzi esse episódio junto com a Gabriela Alegre.

Gabriela Alegre: A Ana Augusta Xavier foi responsável pela edição do roteiro. A edição e a mixagem de áudio foram feitas pelo Gustavo Torres. A trilha sonora é do Tavinho Andrade e a imagem de capa é do Pedro Bastos. O Prato de Ciência é um projeto da Secretaria de Pesquisa da FEA. A coordenação do podcast é do professor Eric Tobaruela e o apoio administrativo da Laís Glaser. Se quiser mandar mensagens, opiniões ou sugestões, é só entrar em contato com a gente pelo email pdccast@unicamp.br, ou então nos nossos perfis do Instagram e do Facebook. É só procurar por Prato de Ciência. Até o próximo episódio!