PROTEÍNA DO FUTURO? LEVEDURAS E SUBPRODUTOS VEGETAIS GANHAM ESPAÇO NO MENU

Liliana Araújo[1], Marlene Lopes[1,2], Ana Sousa[3] e Isabel Belo[1,2]

[1] CEB – Centre of Biological Engineering, University of Minho, Campus de Gualtar, Braga, Portugal;

[2] LABBELS – Associate Laboratory, Braga/Guimarães, Portugal;

[3] Associação Colab4Food – Laboratório Colaborativo Para a Inovação da Indústria Agroalimentar | 4485-655 Vairão, Vila do Conde, Portugal.

Investigadores exploram o potencial da levedura *Yarrowia lipolytica* na valorização de desperdícios hortofrutícolas para a criação de novos ingredientes alimentares sustentáveis, seguros e de elevado valor nutricional.



Valorização biotecnológica de frutas fora de calibre ou rejeitadas e subprodutos do processamento industrial: da matéria-prima vegetal ao ingrediente alimentar integral obtido por fermentação com Yarrowia lipolytica.

DO DESPERDÍCIO AO INGREDIENTE: O PAPEL DA FERMENTAÇÃO EM ESTADO SÓLIDO

Nos últimos anos, os avanços na biotecnologia e nos processos de fermentação transformaram a forma como a indústria alimentar olha para os resíduos e/ou subprodutos. As leveduras, em particular, destacam-se pelo seu rápido crescimento, elevada eficiência metabólica e facilidade de cultivo à escala industrial.

Tradicionalmente, os processos de fermentação focavam-se na produção, recuperação e purificação de metabolitos ou na produção isolada de biomassa (proteína de origem microbiana). Contudo, uma abordagem mais recente e disruptiva aposta na valorização integral de matérias-primas hortofrutícolas de baixo valor económico, como frutas fora do calibre, vegetais deformados ou subprodutos do processamento industrial (cascas e bagaços), através da fermentação em estado sólido. Nesta estratégia, o produto final integra tanto a bio-

massa microbiana como o substrato hortofrutícola fermentado, resultando num novo ingrediente híbrido, nutricionalmente rico e pronto para ser incorporado em matrizes alimentares, sem a necessidade de etapas dispendiosas de separação.

A aposta na fermentação em estado sólido (FES) para este processo traz vantagens operacionais, económicas e ambientais determinantes quando comparada à fermentação submersa tradicional. Ao ser realizada com baixo teor de água livre, a FES consome volumes significativamente menores de água, gera um efluente líquido praticamente nulo e reduz os custos energéticos de secagem do ingrediente final. Adicionalmente, por simular o habitat natural de leveduras e fungos em matrizes sólidas concentradas, esta tecnologia permite atingir elevadas produtividades de biomassa e metabolitos de interesse em equipamentos mais simples e compactos, consolidando-se como uma solução altamente sustentável, escalável e alinhada com a bioeconomia circular.

PRESENTE E FUTURO DA YARROWIA LIPOLYTICA NA INDÚSTRIA

Entre as leveduras não convencionais, Yarrowia lipolytica surge como uma das plataformas biotecnológicas mais promissoras para o desenvolvimento de novos ingredientes alimentares obtidos com culturas microbianas. Trata-se de uma espécie versátil, capaz de metabolizar eficientemente diferentes substratos – açúcares, ácidos orgânicos, gorduras, etc. Esta flexibilidade metabólica permite-lhe sintetizar uma vasta gama de compostos de alto valor acrescentado para a indústria alimentar. Destaca-se pela acumulação de lípidos ricos em ácidos gordos insaturados e pela produção de ácidos orgânicos (como o ácido cítrico e o ácido isocítrico, amplamente utilizados como acidificantes e conservantes), polióis (como o eritritol e o manitol, adoçantes de baixo teor calórico) e aromas (como a gama-decalactona, um composto químico com aroma a pêssego, amplamente utilizado para aprimorar sabores em bebidas, laticínios e pastelaria). Adicionalmente, sob condições otimizadas de cultivo, Y. lipolytica acumula uma elevada quantidade de proteína intracelular (35 % - 50 %), afirmando-se como uma fábrica celular multifuncional capaz de converter subprodutos agroindustriais em ingredientes de alto valor.

Nutricionalmente, a biomassa de Y. lipolytica apresenta um perfil excecional. É uma fonte de proteína de qualidade, rica em aminoácidos essenciais, destacando-se pelos seus elevados teores de lisina e treonina, dois aminoácidos frequentemente limitantes em proteínas de cereais e leguminosas. Além disso, a sua composição inclui diversos compostos bioativos, tais como β-glucanos, vitaminas do complexo B, minerais e lípidos funcionais, que favorecem a saúde intestinal e o equilíbrio da microbiota. Do ponto de vista da sustentabilidade, a produção desta biomassa requer uma fração substancialmente menor de água e de área agrícola quando comparada com as fontes proteicas vegetais ou animais tradicionais.

SEGURANÇA E ENQUADRAMENTO REGULAMENTAR NA UNIÃO EUROPEIA

A segurança regulamentar representa o fator crítico de decisão para a indústria alimentar, e a levedura Y. lipolytica apresenta um enquadramento particularmente sólido e maduro. Na União Europeia, a sua biomassa desidratada e inativada por tratamento térmico foi autorizada como Novo Alimento (Novel Food) pelo Regulamento 2019/760. Esta inativação térmica assegura que o ingrediente final não contém células viáveis, garantindo a estabilidade da formulação e prevenindo fermentações secundárias indesejadas no produto final.



Visualização por microscopia de fluorescência de células de Yarrowia lipolytica coradas com Nile Red, permitindo a visualização dos lípidos intracelulares.

Além disso, Y. lipolytica detém o estatuto QPS (Qualified Presumption of Safety) atribuído pela Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos (EFSA) e é reconhecida como GRAS (Generally Recognized as Safe) pela Food and Drug Administration (FDA) nos Estados Unidos. A avaliação rigorosa de segurança pela EFSA atesta a ausência de patogenicidade e de produção de micotoxinas ou compostos tóxicos. Quando produzida a partir de subprodutos e matrizes hortofrutícolas (matérias-primas de grau alimentar), a conformidade do ingrediente é adicionalmente assegurada pelo Controlo de Qualidade e pela monitorização de contaminantes (como pesticidas, micotoxinas e metais pesados). Este enquadramento internacional reduz significativamente as barreiras regulamentares, facilitando a introdução do ingrediente no mercado e conferindo total segurança técnica e jurídica às empresas do setor alimentar.

OPORTUNIDADES DE MERCADO E APLICAÇÕES INDUSTRIAIS

Apesar do seu enorme potencial biotecnológico, a comercialização de Y. lipolytica permanece, atualmente, excessivamente conservadora e maioritariamente confinada ao nicho dos suplementos alimentares em formato de cápsulas e comprimidos, como evidenciado pelos dados de lançamentos da plataforma Innova Market Insights. Esta concentração num formato tradicional reflete um subaproveitamento

do ingrediente por parte da indústria, uma vez que o seu verdadeiro valor e escala comercial residem na sua incorporação direta em matrizes alimentares processadas e funcionais. Uma das oportunidades mais promissoras situa-se no setor dos análogos de carne e produtos plant-based, onde Y. lipolytica pode atuar como um agente multifuncional. Para além de enriquecer a matriz com proteína de elevada qualidade, as suas propriedades físico-químicas contribuem para resolver dois dos maiores desafios deste segmento: a retenção de água e a melhoria da textura e suculência do produto final. Paralelamente, no setor da panificação e dos cereais, a adição desta biomassa permite colmatar uma falha nutricional histórica dos produtos à base de trigo, a escassez de lisina, elevando substancialmente o valor proteico global sem comprometer a estrutura da massa. No entanto, a abordagem mais disruptiva passa pela formulação de snacks funcionais e bebidas através da incorporação do ingrediente integral obtido pela fermentação em estado sólido de subprodutos hortofrutícolas e levedura. Este ingrediente não só fornece fibra, proteína e compostos bioativos, como também confere notas sensoriais características (como perfis umami ou ligeiramente frutados/fermentados), reduzindo a necessidade de aditivos de aroma sintéticos. Por fim, no mercado da nutrição animal e aquacultura premium, a biomassa surge como um ingrediente estratégico não apenas pelo aporte nutricional, mas pelo seu papel como promotor natural da imunidade e da saúde intestinal dos animais. Para que esta transição do nicho dos suplementos para o mercado alimentar de grande consumo ocorra com sucesso, a indústria terá de superar desafios críticos. É indispensável otimizar os custos de processamento (nomeadamente as etapas energicamente intensivas de secagem da biomassa) e realizar estudos aprofundados de aceitação pelo consumidor. A neofobia alimentar associada a ingredientes de origem microbiana e a gestão do perfil organolético nas matrizes mais sensíveis (como bebidas e panificação) representam os verdadeiros desafios que ditarão a velocidade de adoção de ingredientes derivados de Y. lipolytica pelas grandes marcas agroalimentares.

A NOSSA ABORDAGEM: INGREDIENTES INTEGRAIS RESULTANTES DE FERMENTAÇÃO EM ESTADO SÓLIDO

A estratégia desenvolvida pela nossa equipa no Centro de Engenharia Biológica (CEB) da Universidade do Minho foca-se na valorização direta e integral de desperdícios e subprodutos hortofrutícolas através de fermentação em estado sólido com a levedura Y. lipolytica, convertendo-os num ingrediente plant-based de elevada qualidade nutricional.

A prova de conceito desta tecnologia teve início no âmbito do projeto Micro4Food (Upgrading fruit wastes for microbial protein production, 2022.01705.PTDC). Neste trabalho, a atenção focou-se na fermentação de cascas de banana e de laranja com Y. lipolytica, demonstrando ser possível enriquecer a matriz vegetal em proteína microbiana e reduzir o teor de açúcares livres, mantendo o teor de fibra. A aplicabilidade direta deste ingrediente (cascas + levedura) foi demonstrada com sucesso através da formulação de snacks alimentares à base de cascas de fruta fermentadas, com significativa aceitação pelo consumidor.

A investigação avança agora para uma abordagem mais abrangente, alargando o espectro de matérias-primas utilizadas com o objetivo de reduzir perdas e aumentar a eficiência da cadeia alimentar. No âmbito do projeto FruTotal (Alcobaça Apple IGP and Rocha Pear DOP preparations enriched with protein and fiber obtained from the biomass of rejected fruit, COMPETE2030 - FEDER - 01464400), pretende-se desenvolver preparados de fruta enriquecidos com proteína (obtida através da fermentação de maçã e pera rejeitadas com Y. lipolytica). O projeto GreenProFood (Biotechnological approach for the valorization of fruit and vegetable surpluses into new protein and functional foods, COMPETE2030-FEDER-00715500) visa utilizar a fermentação com Y. lipolytica como uma estratégia biotecnológica para reduzir o teor de açúcares e fortificar os produtos com compostos bioativos e proteína microbiana, aumentando o valor nutricional dos produtos vegetais, contribuindo assim para o aumento da sua comercialização.

A transição do laboratório para o mercado exige superar desafios industriais decisivos para viabilizar este ingrediente do futuro. O principal obstáculo reside no aumento de escala e no processamento a jusante (secagem e moagem), onde a eficiência energética é crítica para garantir custos competitivos. Paralelamente, é necessário otimizar o perfil organolético e a funcionalidade técnica (solubilidade e emulsão) em matrizes alimentares reais. Por fim, o sucesso comercial dependerá de uma forte sinergia entre academia e indústria para assegurar uma cadeia de abastecimento contínua. ■

AGRADECIMENTOS:

À Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT), pelo financiamento da bolsa de doutoramento atribuída a Liliana Araújo (ref. 2024.01597.BDANA).

As referências deste artigo estão disponíveis para consulta online aqui: www.interempresas.net/a665712