

O USO DO *REFRACTANCE WINDOW DRYING* POR PESQUISADORES DA AMÉRICA DO SUL: UMA ANÁLISE CIENCIOMÉTRICA

THE USE OF REFRACTANCE WINDOW DRYING BY SOUTH AMERICAN RESEARCHERS: A SCIENTOMETRIC ANALYSIS

DOI: 10.65747/conali2025v3c32

Anna Santos Costa¹; Maria Sza Amaral Santos Ferreira²; Flávia Luiza Araújo Tavares da Silva³ Mônica Silva de Jesus⁴; Patrícia Beltrão Lessa Constant⁵; Angelise Durigon⁶

¹Estudante do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos – PROCTA – UFS; annasantos616@gmail.com

²Estudante do Curso de Graduação em Engenharia de Alimentos – CCET/DTA – UFS; mszaamaral@gmail.com

³Estudante do Programa de Pós-graduação em Biotecnologia – RENORBIO/SE – UFS; flavialuats@hotmail.com

⁴Pesquisadora do Laboratório de Flavor e Análises Cromatográficas (LAF) – UFS;

⁵Docente do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos – PROCTA – UFS;

⁶Docente do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos – PROCTA – UFS

Resumo: A *Refractance Window Drying* (RWD), também denominado na literatura por *Cast-tape Drying* (CTD) ou *Conductive hydro Drying*, é um processo de secagem utilizado para a obtenção de pós, flocos e filmes. O método destaca-se por sua viabilidade técnica/econômica e pela eficiência na conservação de componentes nutricionais. Investigar parâmetros cienciométricos relacionados a produção científica de países como os da América do Sul possibilita ampliar sua aplicação em regiões ricas em matérias-primas e que demandam processos de secagem mais acessíveis. Dessa maneira, o objetivo deste estudo foi identificar as áreas de aplicação, os grupos de pesquisa mais influentes e possíveis gargalos nos países sul-americanos relacionados ao uso da tecnologia RWD pelo *Methodi Ordinatio* e por análises cienciométricas. Para isso, foi realizada uma busca na plataforma *Web of Science* e os trabalhos selecionados pelo método foram analisados em softwares *Excel 365*, *VOSviewer (1.6.20)* e *Bibliometrix (Biblioshiny 5.0)*. Os resultados indicaram que o Brasil e a Colômbia são os principais polos de pesquisa e aplicação da RWD, com foco na obtenção de pós de frutas e na conservação de componentes bioativos. Como gargalos foram identificados a baixa colaboração entre autores de países diferentes, pouca utilização do método em diferentes matérias-primas como hortaliças, produtos de origem animal, elaboração de filmes comestíveis e embalagens, e a falta de estudos focados na incorporação dos pós a formulações de outros alimentos. Por fim, o estudo possibilitou determinar vias

promissoras para a ampliação do uso da *Refractance Window Drying* na América do Sul.

Palavras-chave: *cast-tape drying*; *conductive hydro drying*; mapeamento científico; países emergentes; secagem

Abstract: Refractance Window Drying (RWD), also referred to in the literature as Cast-tape Drying (CTD) or Conductive Hydro Drying, is a drying process used to obtain powders, flakes, and films. The method stands out for its technical and economic feasibility, as well as its efficiency in preserving nutritional components. Investigating scientometric parameters related to the scientific production of countries such as those in South America can promote the expansion of its application in regions rich in raw materials and in need of more accessible drying processes. Therefore, the objective of this study was to identify the application areas, the most influential research groups, and possible bottlenecks in South American countries regarding the use of RWD technology through the Methodi Ordinatio and scientometric analyses. A search was carried out on the Web of Science platform, and the selected studies were analyzed using *Excel 365*, *VOSviewer (1.6.20)*, and *Bibliometrix (Biblioshiny 5.0)* softwares. The results indicated that Brazil and Colombia are the main research and application hubs for RWD, with a focus on obtaining fruit powders and preserving bioactive components. Identified bottlenecks include low collaboration among authors from different countries, limited use of the method with other raw materials such as vegetables and animal-based products, little research on the development of edible films and packaging, and a lack of studies focused on incorporating the powders into other food formulations. Finally, the study allowed the identification of promising pathways for expanding the use of Refractance Window Drying in South America.

Keywords: *cast-tape drying*; *conductive hydro drying*; drying; emerging countries; scientific mapping

INTRODUÇÃO

A secagem é usada na conservação de alimentos podendo ser aplicada por métodos naturais, como a secagem solar, ou de maneira artificial, em que a água dos alimentos é removida a partir da transferência de calor entre uma fonte de calor artificial e o alimento em equipamentos como as estufas (1). A maioria dos equipamentos utilizados para remover a água, e assim reduzir a atividade de água dos alimentos, empregam altas temperaturas por um longo tempo, o que contribui para a degradação de nutrientes como as vitaminas e os compostos bioativos em geral (1). A liofilização também opera por longos períodos, no entanto, é empregada em alimentos termossensíveis, pois opera em baixa temperatura e pressão (2). Por isso, investigar, entender o uso e as limitações dos métodos para a produção de alimentos desidratados, que sejam eficientes tecnologicamente e mantenham o máximo possível dos compostos bioativos, é essencial.

Um método interessante é o *Refractance Window Drying (RWD)* denominado na literatura também por *Cast-tape Drying* ou *Conductive hydro Drying*. Soluções alimentícias, como as polpas ou purês de vegetais, são espalhados na face superior de um suporte, normalmente filmes de poliéster (*Mylar*) ou fibra de vidro recoberta por teflon, com a face inferior aquecida por água quente na temperatura de até 95 °C ou vapor de água (3,4). A água quente ou o vapor transfere calor por condução, convecção e pequena parte por radiação (<5%). Esse calor passa pelo suporte, e chega até a

solução alimentícia provocando a evaporação da água. A convecção, da água para a superfície do suporte, e a condução, através do suporte até o alimento em contato com ele, atuam como os principais mecanismos de transferência de calor e fornecem a energia necessária para o processo de secagem (3,5). Como o processo é conduzido em baixas temperaturas por um certo tempo, a técnica é eficaz para a preservação de compostos termicamente sensíveis e requer menor gasto energético quando comparado a outros métodos como a secagem por liofilização (5).

Diante desse contexto, a RWD tem sido aplicada para produção de pós, flocos e filmes de diversos alimentos como o morango, tomate e manga (6–8) em diferentes países do mundo, bem como os países da América do Sul. A ampla biodiversidade de frutas e hortaliças com alto potencial para a produção de alimentos desidratados presentes nos países sul-americanos (9), e a crescente demanda por processos térmicos de baixo custo dos países emergentes, que compõem esse continente, são fatores que justificam a realização de uma análise cienciométrica para entender a produção científica sobre a RWD e como tem sido aplicada nos países sul-americanos.

Além disso, investigar métodos de conservação de alimentos com menor gasto energético contribui com Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) número 12, que tem como propósito assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis a partir de ações de apoio a países em desenvolvimento, metas de redução de resíduos, perdas e desperdício de alimentos e o uso eficiente dos recursos naturais (10). Assim, o objetivo do trabalho foi realizar uma análise cienciométrica sobre o uso da técnica *Refractance Window Drying* por pesquisadores dos países da América do Sul, a fim de investigar suas áreas de aplicação, identificar os grupos de pesquisa mais influentes, mapear os principais gargalos e assim definir caminhos para ampliar sua aplicação.

MATERIAL E MÉTODOS

Uma análise bibliométrica para seleção dos artigos relevantes foi realizada de acordo com a *Methodi Ordinatio* descrita por Pagani *et al.* 2017 (11), que classifica os artigos relevantes a partir do seu fator de impacto, número de citações e ano de publicação. As produções foram ranqueadas em ordem decrescente do número *InOrdinatio* calculado pela Equação 1. De acordo com o método, o valor de α varia entre 1 e 10 e deve ser atribuído pelos autores, considerando que valores mais próximos de 1 priorizam os artigos mais antigos e valores mais próximos de 10 os mais recentes (11). Os fatores de impacto das revistas foram consultados por meio da ferramenta *Journal Citation Reports* da *Clarivate* e a idade do artigo calculada a partir do ano de busca (2025) e o ano de publicação do artigo.

$$InOrdinatio = JIF + n^{\circ} \text{ de citações} + \alpha * 10 - \alpha * (\text{idade do artigo}) \quad (1)$$

Em que, JIF = fator de impacto da revista, $\alpha = 8$, valor atribuído pelos autores, que priorizou em 80% os artigos mais recentes, Idade do artigo = (ano de busca – ano de publicação do artigo).

A busca dos artigos foi realizada pela plataforma *Web of Science* a partir da combinação das palavras-chave e operadores booleanos “*refractance window OR refractance window drying OR cast-tape drying OR conductive hydro drying*”. Depois, foram aplicados os filtros de países (apenas os países da América do Sul foram selecionados), tipo de publicação (artigos e artigos de revisão) e ano de publicação

(2000 – 2025) resultando em 68 artigos encontrados. As informações necessárias para aplicação do método, como o número de citações, revistas, autores e ano de publicação, foram exportadas para uma planilha no *Excel 365*.

Para seleção, os títulos e resumos dos artigos pré-selecionados foram lidos a fim de alinhá-los ao tema, o que resultou em 62 artigos. Após, o número *InOrdinatio* foi calculado e os artigos ranqueados em ordem decrescente. Como não houve artigos com número *InOrdinatio* negativo, os 62 artigos foram selecionados e utilizados para a análise cientométrica nos softwares *VOSviewer (1.6.20)*, *Excel 365* e *Bibliometrix* por meio da sua interface gráfica *Biblioshiny (5.0)*. A partir dos softwares utilizados foram realizadas as seguintes análises: gráficos do número de publicações por ano, por país de atuação e por autores, rede de coautoria (mínimo de 1 artigo por autor), nuvem de palavras (50 palavras-chave dos autores) e rede de coocorrência de palavras-chave (ocorrência mínima de 2 palavras). A Figura 1 ilustra a metodologia aplicada.



Figura 1 – Metodologia aplicada
Fonte: Autores, 2025

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Panorama geral de publicações

Após a aplicação do *Methodi Ordinatio*, apenas os artigos e artigos de revisão de pesquisadores dos países da Argentina, Brasil, Chile, Colômbia e Peru foram selecionados. A Figura 2 apresenta o número de artigos publicados, por ano, ao longo dos últimos 25 anos, por pesquisadores desses países.

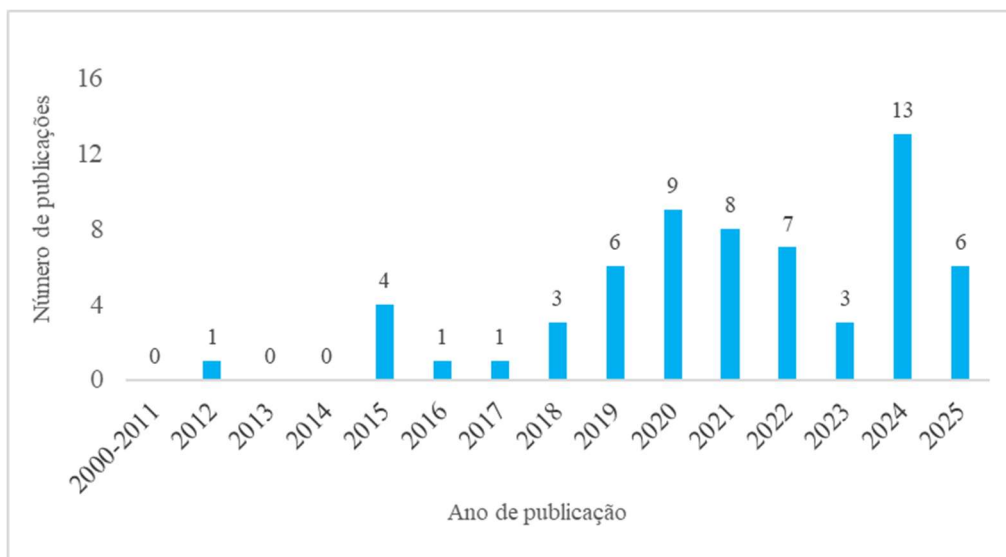


Figura 2 - Número de publicações ao longo dos últimos 25 anos

Fonte: *Web of Science*, 2025

O ano de 2012 marca o início dos estudos sobre o RWD na América do Sul nas duas últimas décadas e meia, com pausa entre os anos de 2013 e 2014, seguida de uma retomada a partir do ano de 2015. O número de publicações aumentou consideravelmente a partir do ano de 2019 (6 artigos), com queda no ano de 2023. O maior número de publicações foi observado no ano de 2024, sendo 13 artigos, até o presente momento.

Em 2012, na Colômbia, Ochoa-Martínez et al. (2012) investigaram as características da secagem de fatias de manga em duas espessuras (1 mm e 2 mm) por *Refractance Window* (temperatura do banho-maria em 92 °C) e compararam os resultados da cinética de secagem, atividade de água e mudança de cor com os resultados de fatias secas em secador de bandeja (temperatura de 62 °C e velocidade de ar de 0,52 m/s). Os resultados demonstraram que em 1 h a umidade foi de 0,013 kg/kg e 0,048 kg/kg (espessuras de 1 mm e 2 mm respectivamente) para as fatias secas por RWD e de 0,966 kg/kg e 3,614 kg/kg (espessuras de 1 mm e 2 mm respectivamente) para as fatias secas em secador de bandeja por 4 h. A atividade de água para as fatias secas em RWD também foi menor, com valores próximos a 0,5 (12)

O último artigo publicado em 2025, até o início da análise cienciométrica realizada, foi o estudo colombiano de Quintero et al. (2025), que produziram pó de polpa de cacau por RWD (temperaturas de 70 °C, 80 °C e 90 °C e espessuras de 1 mm, 2 mm e 3 mm) e o incorporaram como adoçante (substituição de 100%, 75% e 50% do açúcar) em barras de chocolate. Os pós apresentaram alta retenção de compostos fenólicos (79,4% a 80,5%) e de vitamina C (73,5% a 75,5%) e as barras de chocolate com substituição de até 50% do açúcar foram bem aceitas por 115 consumidores (13), o que aponta o potencial de aplicação dessa técnica de secagem para o melhoramento de formulações.

A Figura 3 mostra o número de publicações, por pesquisadores, de acordo com o país de atuação, entre os anos de 2000 e 2025.

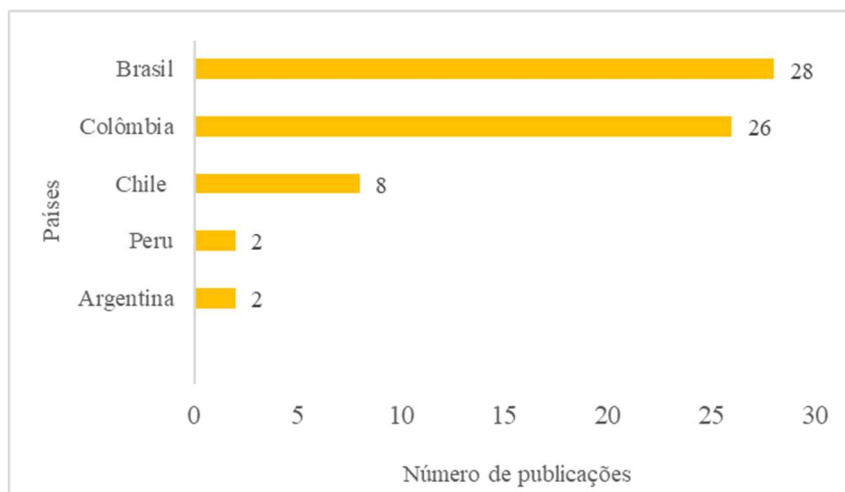


Figura 3 – Número de publicações por pesquisadores de acordo com seu país de atuação
 Fonte: *Web of Science*, 2025

O Brasil é o país com mais publicações entre os países da América do Sul, com 28 artigos, em seguida a Colômbia com 26 artigos. Juntos, correspondem a mais de 80% dos trabalhos publicados no continente, o que indica maior difusão da técnica nesses dois países. O Chile aparece em terceira posição com 8 trabalhos, enquanto o Peru e Argentina em quarta e quinta posição respectivamente com 2 artigos. A disparidade entre os números demonstra uma maior concentração do uso dessa tecnologia no Brasil e Colômbia e a baixa produção no Chile, Peru e Argentina revela pouca disseminação da tecnologia nessas regiões, apesar da diversidade agrícola existente.

Grupos de pesquisa e autores mais relevantes

O Quadro 1 apresenta os 5 trabalhos mais relevantes de acordo com o *Methodi Ordinatio* sobre a *Refractance Window Drying* nos países da América do Sul.

Quadro 1 – *Ranking* dos trabalhos mais relevantes segundo o *Methodi Ordinatio*

Ranking	Título	Autores	País	<i>InOrdinatio</i>
1	Production of mango powder by Spray Drying and Cast-tape Drying	Zotarelli <i>et al</i> (2017)	Brasil	128,5
2	Drying kinetics of blueberry pulp and mass transfer parameters: Effect of hot air and Refractance Window Drying at different temperatures	Rurush <i>et al</i> (2022)	Peru	95,3

3	Drying characteristics of mango slices using the Refractance Window™ technique	Ochoa-Martínez <i>et al</i> (2012)	Colômbia	90,3
4	Improving the drying efficiency, quality attributes, and lycopene bioaccessibility (in vitro) of tomato puree using Refractance-Window Hybrid Drying	Gaviria-Lozano <i>et al</i> (2025)	Colômbia	87,3
5	Design and development of a Refractance Window Drying system coupled with vacuum: Production of bioactive apple pomace powder	Retamal <i>et al</i> (2025)	Chile	86

Fonte: Autores, 2025

Os cinco melhores trabalhos de acordo com o *Methodi Ordinatio* pertencem a Colômbia (2 artigos), Brasil (1 artigo e o mais relevante), Peru (1 artigo) e Chile (1 artigo), o que destaca mais uma vez a relevância dos estudos efetuados por pesquisadores do Brasil e da Colômbia.

De acordo ao apresentado no Quadro 1, Zotarelli et al. (2017) tem sido o trabalho de maior número *InOrdinatio* e por isso, considerou-se o estudo mais relevante. Os autores brasileiros investigaram a produção de pó de manga por atomização e por *Cast-Tape Drying* (CTD) (temperatura da água de 95 °C), sem e com adição de 6% de maltodextrina. A secagem por CTD produziu pós de maiores densidades aparentes (0,8 g/cm³ - sem maltodextrina e 0,7 g/cm³ - com maltodextrina) e menor porosidade (38% - sem maltodextrina e 55% - com maltodextrina). Além disso, a partir dos diagramas de estado, os pós de manga produzidos por atomização apresentaram estabilidade ligeiramente menor do que aqueles produzidos por CTD. Dessa maneira, os autores determinaram que o processo permite a produção de pós a partir da polpa da fruta inteira, sem a adição de maltodextrina (14)

Na posição 2 do *ranking* encontra-se o trabalho dos pesquisadores peruanos Rurush et al. (2022), que estudaram a cinética de secagem da polpa de mirtilo por RWD e ar quente (HA) em temperaturas de 55 °C, 65 °C, 75°C, 85 °C e 95 °C e espessura de 2 mm. As curvas da cinética de secagem por RWD mostraram maior decaimento, em que, a 95 °C em 10 min de processo, os valores de umidade eram de aproximadamente 0,35 g/g para a polpa seca por RWD e de 0,60 g/g para HA. Os resultados revelaram que o RWD se mostrou mais eficaz para secagem de polpa de mirtilo devido ao menor tempo de secagem sendo 16 min para atingir umidade final, usando a temperatura do suporte de 95 °C. Enquanto, para a secagem por ar quente, sob as mesmas condições, foi de 28 min (15).

O artigo pioneiro de Ochoa-Martínez et al. (2012) encontra-se na terceira posição do *ranking* e abordou sobre as características da secagem de fatias de

manga por (12). Na quarta posição encontra-se o trabalho dos pesquisadores colombianos de autoria de Gaviria-Lozano et al. (2025), que reportou sobre o uso do *Refractance Window Drying* assistido por infravermelho (RW+IR - 6 lâmpadas infravermelhas de 250 W e 120 V acopladas entre 10 a 20 cm de distância do *Mylar*), vácuo (RW+V - bomba de vácuo acoplada ao sistema e aplicadas as pressões de vácuo de 680 mbar, 713 mbar e 768 mbar) e ar forçado (RW+FA - dois ventiladores acoplados com velocidade média do ar de 1 m/s e temperaturas de 20 °C e 45 °C) para melhorar a eficiência de secagem de purê de tomate, seus atributos de qualidade e a bioacessibilidade *in vitro* do licopeno. A temperatura da água utilizada no processo foi de 60 °C e 80 °C e a espessura do purê de 4 mm. Os resultados demonstraram que o pó obtido por RWD+V (60 °C, 713 mbar) apresentou a menor higroscopicidade (19,48%) e o maior teor de licopeno (98,97 mg/100g), o RW+IR (80 °C, 10 cm) apresentou menor atividade de água (0,17), maior teor de polifenóis (80 °C, 20 cm – 4,18 mg GA/g), maior atividade antioxidante (132,96 µmol TEAC/g – ORAC e 15,57 µmol TEAC/g – DPPH) e maior bioacessibilidade de licopeno (80 °C, 15 cm – 34,14%). De forma geral, o RWD assistido por infravermelho (80 °C, 15 cm) produziu pós de alta qualidade bioativa e que a união das tecnologias foi promissora para o melhoramento dos processos de secagem (16)

O artigo produzido por pesquisadores do Chile – Retamal et al. (2025), encontra-se na 5ª posição do *ranking*. Esses autores desenvolveram um sistema de secagem por *Refractance Window* acoplado ao vácuo (VRW) para produção de pó bioativo de bagaço de maçã. As secagens por VRW, RW e liofilização (FD) foram realizadas. As temperaturas de secagem foram de 20 °C (FD) 65 °C, 75 °C e 85 °C (VRW e RW), as pressões de 0,15 bar, 0,20 bar, 0,45 bar (VRW e RW) e 63 Pa (FD) e espessura de 3 mm (VRW e RW). Os parâmetros como o tempo de secagem, atividade de água (*aw*), teor de umidade e teor de polifenóis foram comparados entre os três métodos de secagem. Os resultados indicaram que a RW comparada a VRW a 75 °C e 0,45 bar apresentaram a maior redução do tempo de secagem, de 81,5 para 61,5 min. A atividade de água e umidade foram semelhantes, com valores para RW entre 0,355 e 0,365 (*aw*) e 0,058 g/g e 0,072 g/g de umidade, e para VRW entre 0,326 e 0,380 (*aw*) e 0,046 g/g e 0,072 g/g de umidade. Com relação aos teores de polifenóis, o maior valor foi de 5,77 mg GAE/g por VRW para as condições de temperatura de 65 °C e pressão de 0,45 bar e não diferiu significativamente ao valor obtido por FD (aproximadamente 6,20 mg GAE/g) (17).

A Figura 4 apresenta o número de publicações dos 10 autores mais produtivos entre os anos de 2000 e 2025.

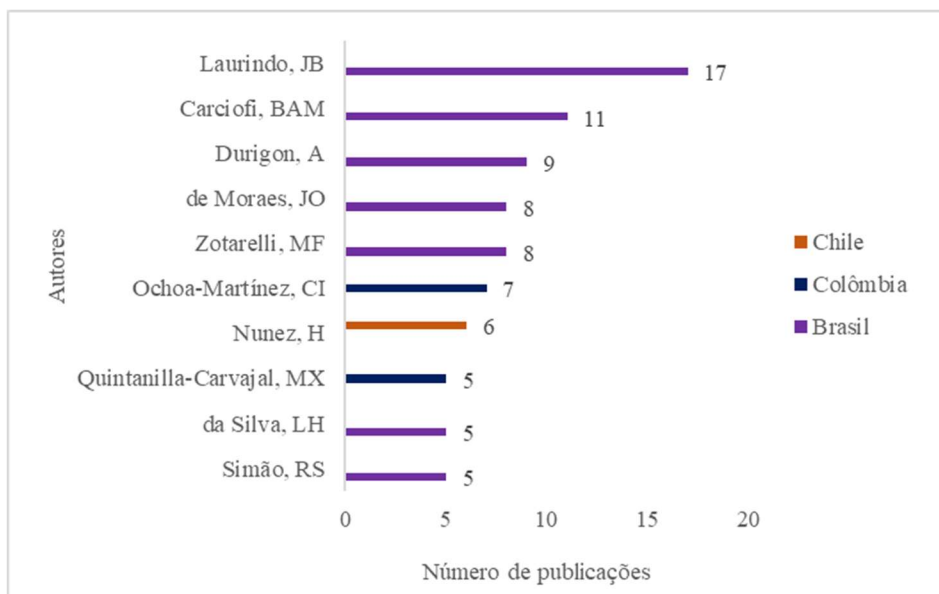


Figura 4 – Número de publicações por autor

Fonte: *Web of Science*, 2025

Como apresentado na Figura 4, os 7 dos 10 autores mais produtivos são brasileiros, 2 são colombianos e apenas 1 é chileno, o que confirma a forte influência dos grupos de pesquisa do Brasil e a boa produção da Colômbia, bem como apresentado na Figuras 3 e na Quadro 1. Esses números, juntos aos dados anteriores, indicam que a tecnologia é bem difundida nesses dois países e a ausência de autores da Argentina e do Peru pode ser explicada pela baixa produção de artigos relacionados ao tema, uma vez que apenas foram publicados 4 artigos (2 de cada país) dos 62 artigos selecionados para a análise cienciométrica.

A Figura 5 apresenta a rede de coautoria entre os autores da América do Sul. Os autores foram separados em 19 *clusters*, diferenciados por cores, e os maiores nós indicam os pesquisadores de maior relevância. A partir da rede de coautoria, observa-se Laurindo, JB como o principal autor do tema entre os pesquisadores mais produtivos, sendo o responsável por integrar outros autores como Carciofi, BAM, Durigon, A e Zotarelli, MF. A rede mostrou que esse grupo de pesquisa é formado majoritariamente por brasileiros e indica uma colaboração direta, ativa e consolidada sobre a RWD no país. Os colombianos Ochoa-Martínez, CI e Quintanilla-Carvajal, MX apareceram em destaque em *clusters* diferentes, porém sem ligação, o que pode indicar que não há colaboração direta entre os autores, apesar de compatriotas. Outro autor, entre os autores mais produtivos, que também está em destaque na rede é Nunez, H, o que o sugere como o autor mais relevante entre os autores chilenos.

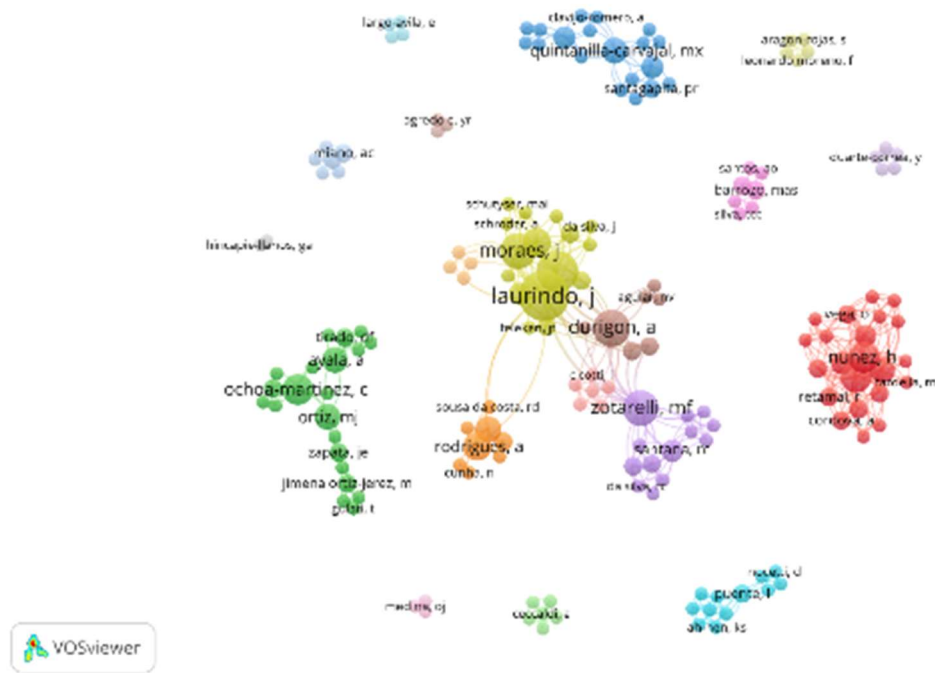


Figura 5 – Rede de coautoria

Fonte: *Web of Science*, 2025

A análise de coautoria sugere que, embora existam grupos de pesquisa consolidados espalhados pelos países sul-americanos, ainda existe a necessidade de colaboração direta entre os autores, o que revela como lacuna a necessidade de internacionalização dos estudos entre os países da América do Sul.

Principais áreas de aplicação do *Refractance Window Drying* na América do Sul

A nuvem de palavras a seguir (Figura 6) demonstra as 50 palavras-chave mais frequentes entre os artigos sobre *Refractance Window Drying* publicados pelos países da América do Sul.

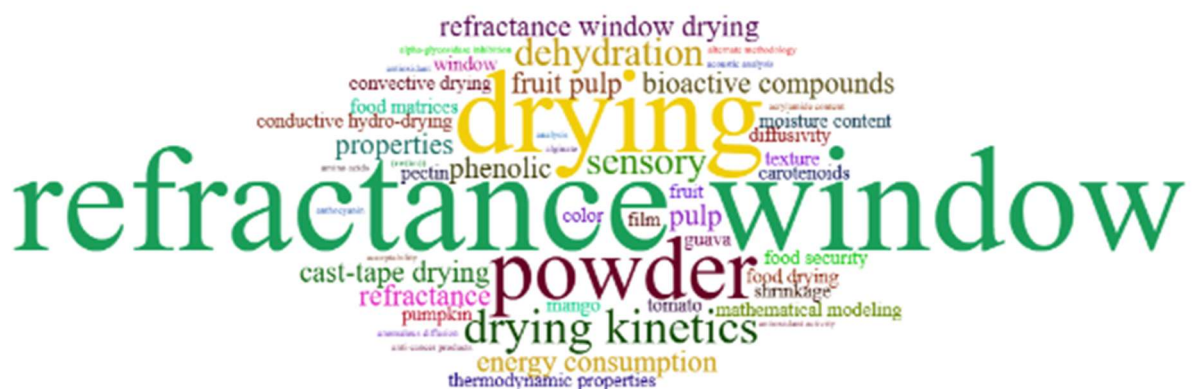


Figura 6 – Nuvem de Palavras

Fonte: *Web of Science*, 2025

De acordo com as palavras em evidência, destacam-se como principais áreas de aplicação da *Refractance Window Drying* na América do Sul a obtenção de pós de polpas de frutas (como a manga, goiaba e tomate). Palavras como cinética de secagem, propriedades físicas e termodinâmicas dos produtos obtidos, juntamente com compostos bioativos indicam o tema central dos estudos.

A partir da Figura 6, observam-se os termos “*refractance window*”, “*drying*”, “*powder*”, “*drying kinetics*” e “*dehydration*” em evidência como as palavras-chave mais utilizadas pelos autores. Isso aponta o estudo da desidratação de produtos para a obtenção de pós como o foco principal da aplicação dessa técnica nos países da América do Sul. Os termos “*cast-tape drying*” (18–21) e “*conductive hydro-drying*” (22–24) aparecem como os principais sinônimos adotados pelos diferentes grupos de pesquisa. Palavras como “*fruit pulp*” e “*pulp*” indicam as polpas de frutas como os alimentos mais utilizados pelos sul-americanos para a aplicação da RWD (25,26). Somado a isso, a ocorrência de termos como “*sensory*”, “*bioactive compounds*” e “*color*” sugerem a eficiência da técnica para preservação de compostos bioativos e da qualidade sensorial dos pós obtidos (27–29), bem como a ampla utilização do método para a produção de alimentos ricos nutricionalmente. Além disso, a palavra-chave “*energy consumption*” pode indicar que a eficiência energética é uma característica desse método de secagem, e é relevante para os estudos desenvolvidos nos países do continente.

A Figura 8 mostra a rede de coocorrência das palavras-chave e demonstra como as áreas de aplicação estão relacionadas.

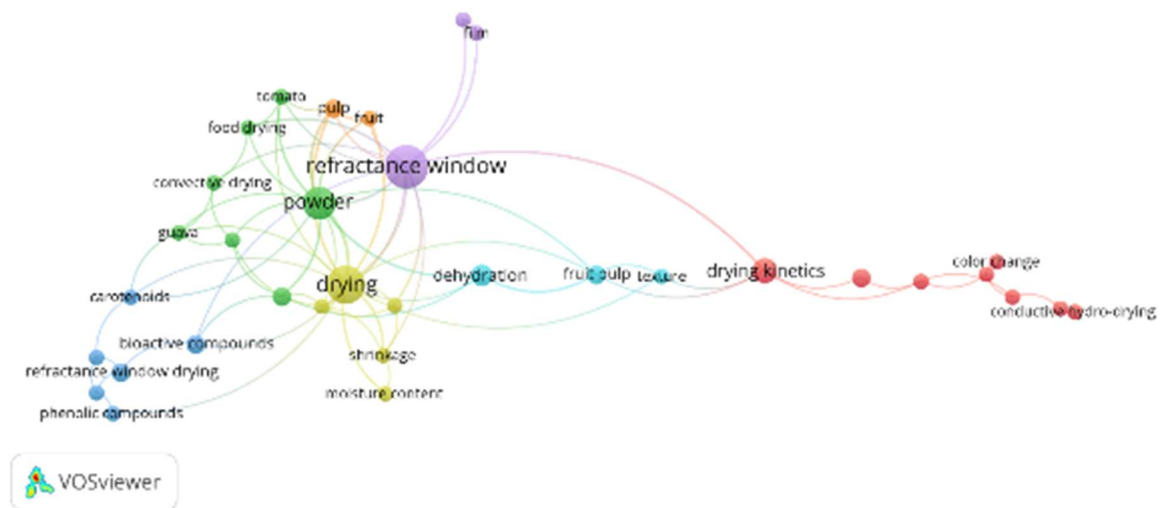


Figura 7 – Rede de coocorrência de palavras-chave

Fonte: *Web of Science*, 2025

As palavras-chave foram agrupadas em sete *clusters* representados por cores, em que os nós maiores representam as palavras de maior ocorrência do grupo e a intensidade da linha demonstra o quanto estão relacionadas. Dentre os principais, estão o *cluster* roxo, verde e amarelo que compreendem a tecnologia estudada, os principais alimentos utilizados e seus produtos elaborados, e os efeitos causados pela RWD, respectivamente.

A análise de coocorrência de palavras-chave revelou que o foco de estudo dos países da América do Sul está em investigar a relação entre a aplicação da tecnologia e a preservação de compostos bioativos, especialmente em frutas sensíveis a tratamentos térmicos. A ocorrência do termo “*drying kinetics*” indica o interesse dos países sul-americanos em compreender a velocidade de secagem, bem como a capacidade evaporativa do processo e a transferência de calor e de massa envolvidos no processo, e compará-la aos processos de secagem convencionais existentes (22,30,31).

Apesar disso, observa-se uma concentração dos estudos na aplicação da técnica em frutas e na retenção de componentes bioativos. Isso demonstra que a aplicação da tecnologia pode ser pouco explorada em outros vegetais além das frutas, assim como os alimentos de origem animal igualmente importantes para indústria de alimentos. Outro gargalo encontrado foi a baixa abrangência de trabalhos relacionados a incorporação dos pós em formulações e a produção de filmes comestíveis ou para embalagens.

CONCLUSÕES

As análises cienciométricas aplicadas às produções científicas sobre *Refractance Window Drying* na América do Sul possibilitaram identificar como principais áreas de aplicação da técnica a obtenção de pós de frutas como a goiaba, manga e tomate de suas polpas ou purês, bem como entender o processo, especialmente com relação ao efeito causado nos compostos bioativos. Outra observação é que o método de secagem tem maior difusão no Brasil e na Colômbia, com ênfase para os grupos de pesquisa brasileiros liderados por Laurindo, JB, sendo o pesquisador mais influente do continente. Como possível gargalo, foi identificado a baixa internacionalização entre os autores, além da pouca aplicação da técnica de secagem em hortaliças e alimentos de origem animal, a pouca ocorrência de estudos sobre a incorporação dos pós em formulações e a utilização do método para elaboração de filmes comestíveis e embalagens. Dessa forma, investir em estudos que abrangem diferentes matérias-primas agrícolas de origem vegetal e animal, fortalecer as redes internacionais entre os autores e aprimorar o estudo da incorporação dos pós obtidos em outras matrizes alimentares são caminhos que podem ampliar a aplicação da *Refractance Window Drying* na América do Sul.

REFERÊNCIAS

- (1) Fernandes L, Tavares PB. A review on solar drying devices: heat transfer, air movement and type of chambers. *Solar*. 2024;4(1):15-42.
- (2) Feng S, Bi J, Laaksonen T, Laurén P, Yi J. Texture of freeze-dried intact and restructured fruits: formation mechanisms and control technologies. *Trends Food Sci Technol*. 2024;143:104267.
- (3) Nindo CI, Tang J. Refractance window dehydration technology: a novel contact drying method. *Drying Technol*. 2007;25(1):37-48.

(4) Cichella Frabetti AC, Durigon A, Laurindo JB. Effect of process variables on the drying of guava pulp by cast-tape drying. *LWT Food Sci Technol*. 2018;96:620-6.

(5) Waghmare R. Refractance window drying: a cohort review on quality characteristics. *Trends Food Sci Technol*. 2021;110:652-62.

(6) Cichella Frabetti AC, de Moraes JO, Porto AS, Simão RS, Laurindo JB. Strawberry-hydrocolloids dried by continuous cast-tape drying to produce leather and powder. *Food Hydrocoll*. 2021;121:107041.

(7) Durigon A, de Souza PG, Carciofi BAM, Laurindo JB. Cast-tape drying of tomato juice for the production of powdered tomato. *Food Bioprod Process*. 2016;100:145-55.

(8) Zotarelli MF, da Silva VM, Durigon A, Hubinger MD, Laurindo JB. Production of mango powder by spray drying and cast-tape drying. *Powder Technol*. 2017;305:447-54.

(9) Dong J, Gruda N, Li X, Cai Z, Zhang L, Duan Z. Global vegetable supply towards sustainable food production and a healthy diet. *J Clean Prod*. 2022;369.

(10) United Nations Brazil. Sustainable development goal 12: consumo e produção responsáveis. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/12>. Acesso em: 16 jul. 2025.

(11) Pagani RN, Kovaleski JL, Resende LM. Methodi ordinatio: a proposed methodology to select and rank relevant scientific papers encompassing the impact factor, number of citation, and year of publication. *Scientometrics*. 2015;105(3):2109-35.

(12) Ochoa-Martinez CI, Quintero PT, Ayala AA, Ortiz MJ. Drying characteristics of mango slices using the Refractance Window™ technique. *J Food Eng*. 2012;109(1):69-75.

(13) Quintero I, Ceccaldi A, Martinez H, Santander M, Rodriguez J, Escobar S. Dry cacao pulp in chocolate bars: a sustainable, nutrient-rich sweetener with enhanced sensory quality through refractance windows drying. *Appl Food Res*. 2025;5(1).

(14) Zotarelli MF, da Silva VM, Durigon A, Hubinger MD, Laurindo JB. Production of mango powder by spray drying and cast-tape drying. *Powder Technol*. 2017;305:447-54.

(15) Rurush E, Alvarado M, Palacios P, Flores Y, Rojas ML, Miano AC. Drying kinetics of blueberry pulp and mass transfer parameters: effect of hot air and refractance window drying at different temperatures. *J Food Eng.* 2022;320.

(16) Gaviria-Lozano AC, Castro AM, Diaz LE, Quintanilla-Carvajal MX, Moreno FL. Improving the drying efficiency, quality attributes, and lycopene bioaccessibility (in vitro) of tomato puree using refractance-window hybrid drying. *Innov Food Sci Emerg Technol.* 2025;102.

(17) Retamal R, Nunez H, Ramirez C. Design and development of a refractance window drying system coupled with vacuum: production of bioactive apple pomace powder. *LWT Food Sci Technol.* 2025;224.

(18) Parisotto EIB, Teleken JT, Laurindo JB, Carciofi BAM. Mathematical modeling and experimental assessment of the cast-tape drying. *Drying Technol.* 2020;38(8):1024-35.

(19) Simao RS, de Moraes JO, de Souza PG, Carciofi BAM, Laurindo JB. Production of mango leathers by cast-tape drying: product characteristics and sensory evaluation. *LWT Food Sci Technol.* 2019;99:445-52.

(20) Freitas GM, Cicotti L, Constant PBL, Zotarelli MF, de Sa JPN, Mazzutti S, et al. Beetroot microgreens (*Beta vulgaris*) powder obtained by cast-tape drying and freeze-drying. *J Food Process Eng.* 2024;47(12).

(21) da Silva J, Monteiro RL, de Moraes JO, da Silva AFV, Carciofi BAM, Laurindo JB. Physico-chemical and rheological properties of cast-tape dried sweet corn powder as affected by thermal treatment of sweet corn. *J Food Meas Charact.* 2025;19(2):1089-102.

(22) Ortiz-Jerez MJ, Serna YX, Zapata JE. Kinetics of conductive hydro-drying of pumpkin (*Cucurbita moschata*) pulp. *Heliyon.* 2024;10(17).

(23) Munera-Tangarife RD, Solarte-Rodriguez E, Velez-Pasos C, Ochoa-Martinez CI. Factors affecting the time and process of CMC drying using refractance window or conductive hydro-drying. *Gels.* 2021;7(4).

(24) Juri-Morales G, Ochoa-Martinez CI, Velez-Pasos C. Conductive hydro-drying of cayenne chili paste: effects of intermittency, temperature and salt concentration on product quality and energy efficiency. *LWT Food Sci Technol.* 2024;203.

(25) Simao RS, de Moraes JO, Zhang L, Schroder A, Carciofi BAM, Schutyser MAI, et al. Biopolymers to overcome challenges in acai pulp drying: processing and powder quality evaluation. *Powder Technol.* 2024;435.

(26) Puente L, Vega-Galvez A, Ah-Hen KS, Rodriguez A, Pasten A, Poblete J, et al. Refractance window drying of goldenberry (*Physalis peruviana* L.) pulp: a comparison of quality characteristics with respect to other drying techniques. *LWT Food Sci Technol.* 2020;131.

(27) Lopes Santos SJ, Ferreira Canto HK, da Silva LH, da Cruz Rodrigues AM. Characterization and properties of purple yam (*Dioscorea trifida*) powder obtained by refractance window drying. *Drying Technol.* 2022;40(6):1103-13.

(28) Frabetti AC, Durigon A, Laurindo J, de Moraes JO, Carciofi B. Physicochemical characterization and quantification of bioactive compounds of guava powder produced by cast-tape drying. *Food Sci Technol.* 2022;42.

(29) Hernandez Y, Ramirez C, Moreno J, Nunez H, Vega O, Almonacid S, et al. Effect of refractance window on dehydration of osmotically pretreated apple slices: color and texture evaluation. *J Food Process Eng.* 2020;43(2).

(30) Ayala-Aponte AA, Cardenas-Nieto JD, Tirado DF. Aloe vera gel drying by Refractance Window®: drying kinetics and high-quality retention. *Foods.* 2021;10(7).

(31) Durigon A, Berte Parisotto EI, Carciofi BAM, Laurindo JB. Heat transfer and drying kinetics of tomato pulp processed by cast-tape drying. *Drying Technol.* 2018;36(2):160-8.