



The influence of calyx maturation stage and types of packaging on the germination of goldenberry seeds

Estádios de maturação do cálice e formas de armazenamento na germinação de fisális

Larissa Andreatta Sesquim¹, Wesley do Rosário Santana^{1*}, Jeniffer Ribeiro de Oliveira¹, Jalille Amim Altoé¹, Érica Duarte-Silva¹, Gleison Oliosio¹

Abstract: Studies of the optimum harvest time for obtaining seeds for the sexual propagation of the goldenberry are essential to help maintain seed viability. This study aimed to determine the optimum harvest time for the goldenberry based on the calyx maturation stage and viability of stored seeds. The design was completely randomized a in factorial design (5 x 3), with three replications. The treatments consisted of a combination of five calyx maturation stages, assessed based on color (green, green-yellow, greenish-yellow, yellow, brownish-yellow), and three types of packaging: Kraft paper bags, plastic bags, and glass. The seeds were removed from the fruit and stored at the same temperature and shade conditions for 120 days. Based on the results of the 21-day germination test, it is recommended that goldenberry seeds should be obtained from fruit with a green-yellow to brownish-yellow calyx. All the packaging types analyzed by this study are recommended for the storage of goldenberry seeds obtained from fruit with a green-yellow to brownish-yellow calyx for a 120-day storage period.

Key words: Germination speed. Seed propagation. Packaging.

Resumo: Estudos que associam o ponto de colheita dos frutos à obtenção de sementes para a propagação seminífera de fisális são essenciais na conservação da viabilidade das sementes. Com base nisso, objetivou-se com este trabalho determinar o ponto de colheita dos frutos de acordo com o estágio de maturação do cálice e a viabilidade do armazenamento das sementes de fisális. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5 x 3, com 3 repetições. Os tratamentos consistiram na combinação de cinco estádios de maturação do cálice, avaliados pela cor, sendo: verde, verde-amarelado, amarelo-esverdeado, amarelo e amarelo-amarronzado; e três métodos de armazenamento das sementes: saco de papel do tipo Kraft, saco plástico e embalagem de vidro. Os frutos colhidos de plantas matrizes, em cinco estádios de maturação do cálice, tiveram suas sementes colhidas, armazenadas e mantidas sob mesma condição de temperatura e sombreamento por 120 dias. Após 21 dias do estabelecimento do teste de germinação, recomenda-se a extração de sementes de fisális em frutos com cálice de coloração desde verde-amarelo até amarelo-amarronzada. Todas as embalagens são indicadas para o armazenamento de sementes de fisális obtidas em frutos com cálice de coloração verde-amarelado a amarelo-amarronzado aos 120 dias de armazenamento.

Palavras-chave: Propagação seminífera. Velocidade de germinação. Embalagem.

*Corresponding author

Submitted for publication on 13/04/2020, approved on 24/07/2020 and published on 14/09/2020

¹Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas, Rodovia Governador Mario Covas, Km 60, Bairro Litorâneo, CEP 29932-540 São Mateus, ES. E-mails: lala_andreatta@hotmail.com; wesley.rosario@hotmail.com; jeniffer.jr1994@gmail.com; jalilleamim@yahoo.com.br; profaericaduartesilva@gmail.com; gleison.oliosio@hotmail.com

INTRODUCTION

Non-traditional native and exotic fruit species whose commercial cultivation is still limited in Brazil have drawn interest from the market for products with organoleptic and medicinal properties. These species include mangosteen, lychee, pomegranate, mulberry, Brazil plum, star fruit, and goldenberry (WATANABE; OLIVEIRA, 2014).

The goldenberry is an exotic fruit belonging to the Solanaceae family with high nutritional value and attractive medicinal properties (RODRÍGUEZ *et al.*, 2013). Other parts of the plant, from the roots to the fruit, can also be used meaning it has high added value. Its roots and leaves contain compounds with a number of medicinal properties that are used by the pharmaceutical industry. The fruit is high in sugar and contains a good amount of vitamin A and C, minerals such as iron and phosphorus, and fibers, and is used to make jams, fruit preserves, juice, and ice cream (MUNIZ *et al.*, 2014).

The goldenberry is an allogamous and sexually propagating plant and therefore phenotypic variability in the population is high (SANTANA; ANGARITA, 1997). Commercial propagation is performed using seeds removed from mature fruit (85-90%) (SBRUSSI *et al.*, 2014). Due to the presence of a persistent inflated calyx, the mature fruit is either yellow or orange (SILVA *et al.*, 2016) and has a large number of seeds, which can be stored for many years under conditions of low humidity and controlled temperature (SOUZA *et al.*, 2014).

The fruit is fleshy and round and its diameter and weight vary between 1.25 and 2.50 cm and 4 and 10 g (GAIER *et al.*, 2019). Each fruit has between 100 and 200 seeds. The fruit is protected by a calyx, which completely covers the fruit throughout development and maturation, protecting it from insects, birds, disease, and adverse climatic conditions (PUENTE *et al.*, 2011). Furthermore, the fruit is climacteric (RUFATO *et al.*, 2013), meaning that it can ripen either on the plant or after being picked (EINHARDT *et al.*, 2017).

Studies show that the optimum harvest time depends on the calyx maturation stage (RODRIGUES *et al.*, 2012), which is classified through visual selection as green, green-yellow, greenish-yellow, yellow, and brownish-yellow (LIMA *et al.*, 2009). Adams *et al.* (2018) recommend that the goldenberry should be harvested when the calyx is greenish-yellow. However, Barroso *et al.* (2018) suggest that the characteristics of the fruit are better when the calyx is green. In this regard, harvesting fruit at the right moment is critical to ensuring product quality and prolonging shelf life, which are essential characteristics for commercialization (RODRIGUES *et al.*, 2012).

INTRODUÇÃO

Espécies de frutos não tradicionais, nativas ou exóticas, pouco exploradas economicamente no Brasil, despertaram o interesse do mercado por propriedades organolépticas e medicinais. Dentre elas estão mangostão, lichia, romã, amoreira, umbu, carambola e fisális, dentre outras (WATANABE; OLIVEIRA, 2014).

A fisális é uma fruta exótica, pertencente à família Solanaceae, com alto valor nutricional e atraentes propriedades medicinais (RODRÍGUEZ *et al.*, 2013). Possui alto valor agregado, podendo ser utilizada da raiz até o fruto. As raízes e folhas são ricas em propriedades medicinais que são utilizadas na farmacologia. O fruto é açucarado e com bom conteúdo de vitaminas A e C, minerais como ferro e fósforo; além de fibras, sendo muito utilizado na fabricação de geleias, doces, sucos e sorvetes (MUNIZ *et al.*, 2014).

Por ser uma planta alógama e de propagação sexual, apresenta uma grande variabilidade fenotípica na população (SANTANA; ANGARITA, 1997). Comercialmente, é propagada por meio do uso de sementes retiradas de frutos maduros (85-90%) (SBRUSSI *et al.*, 2014). Devido à presença de cálice permanente e inflado, o fruto pode ficar amarelo ou laranja quando maduro (SILVA *et al.*, 2016) com um grande número de sementes que podem ser conservadas por muitos anos em condições apropriadas de baixa umidade e controle de temperatura (SOUZA *et al.*, 2014).

O fruto é uma baga carnosa de forma globosa, com diâmetro que varia de 1,25 a 2,50 cm, peso entre 4 e 10 g (GAIER *et al.*, 2019) e número de sementes variando de 100 a 200. O fruto é protegido pelo cálice, que cobre completamente o fruto ao longo do seu desenvolvimento e amadurecimento, protegendo-o contra insetos, aves, doenças e condições climáticas adversas (PUENTE *et al.*, 2011). Além disso, os frutos são considerados climatéricos (RUFATO *et al.*, 2013), ou seja, podem amadurecer na planta e/ou fora dela, se colhidos ainda imaturos (EINHARDT *et al.*, 2017).

Estudos demonstram que o momento ideal para a colheita depende do estágio de maturação do cálice (RODRIGUES *et al.*, 2012), que pode ser classificado em verde, verde-amarelado, amarelo-esverdeado, amarelo e amarelo-amarronzado, por meio de seleção visual (LIMA *et al.*, 2009). Adams *et al.* (2018) recomendam que a colheita dos frutos de fisális seja realizada quando o cálice apresentar coloração amarelo-esverdeada. No entanto, Barroso *et al.* (2018) consideram que o fruto apresenta suas melhores características quando apresenta cálice verde. Dessa forma, a colheita no momento adequado é fundamental para a aquisição de frutos com melhor qualidade e prolongado tempo de prateleira, características essenciais à comercialização (RODRIGUES *et al.*, 2012).

The type of packaging used to store seeds affects the exchange of water vapor with the atmosphere and consequently seed vigor (MARCOS FILHO, 2005). The main objective of seed storage is to slow down deterioration, insofar as it is not possible to improve seed quality even in ideal conditions (VILLELA; PEREZ, 2004). Thus, special attention should be paid to seed viability during storage, since seed deterioration causes the formation of abnormal seedlings and uneven seedling growth.

The fact that goldenberry seeds are orthodox, or tolerant to drying at low levels of humidity, means that they can be stored for long periods of time. However, the viability of stored seeds depends on factors such as optimum harvest time and seed processing (SOUZA *et al.*, 2014).

In view of the above, the objective of this study was to determine the optimum harvest time for obtaining viable seeds and the best storage method for the sexual propagation of the goldenberry.

MATERIAL AND METHODS

The experiment was performed at the Federal University of Espírito Santo (UFES) Seed Technology Laboratory in São Mateus, Espírito Santo, between 1 February and 31 March 2017.

We used a completely randomized (5 x 3) factorial design with three repetitions. The treatments were obtained by combining five calyx maturation stages, assessed based on color: green, green-yellow, greenish-yellow, yellow, brownish-yellow, and three types of packaging: Kraft® paper bags, airtight clear plastic bags (0.06 mm thickness), and airtight glass. Storage time was 120 days for all treatments.

The seeds used in the experiment were obtained from fruit grown at an experimental farm in São Mateus belonging to the Federal University of Espírito Santo using seeds from fruit purchased in a local supermarket. The fruit were harvested in February 2017 from 36 open-pollinated plants, with three fruit being randomly picked from each plant. The fruit were selected according to the calyx maturation stage (Figure 1), based on the following classification: E₁: green; E₂: green-yellow; E₃: greenish-yellow; E₄: yellow, and E₅: brownish-yellow (LIMA *et al.*, 2009).

De acordo com o tipo de embalagem utilizada no armazenamento de sementes poderá acarretar maior ou menor troca de vapor d'água das sementes com a atmosfera, podendo perder o seu vigor (MARCOS FILHO, 2005). O principal objetivo do armazenamento de sementes é reduzir a velocidade de deterioração, visto que a melhoria da qualidade não é possível, mesmo em condições ideais (VILLELA; PEREZ, 2004). Por essa razão, merecem atenção especial quanto à sua viabilidade durante o período de armazenamento das sementes, visto que, muitas vezes, são reduzidas ao ponto de não formarem plântulas normais e manter a uniformidade na formação das mudas.

Apesar de possuir sementes ortodoxas, ou seja, tolerantes à secagem até níveis de baixos teores de umidade, o favorecimento do armazenamento por longos períodos pode depender de outros fatores, como o momento adequado da colheita e o processamento das sementes (SOUZA *et al.*, 2014).

Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho determinar o ponto de colheita dos frutos com a obtenção de sementes viáveis e o melhor método de armazenamento para a propagação semínifera de fisális.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Tecnologia de Sementes da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), em São Mateus - ES, no período de 01 de fevereiro a 31 de maio de 2017.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial (5 x 3), com três repetições. Os tratamentos foram obtidos pela combinação de cinco estádios de maturação do cálice dos frutos, avaliados pela cor, sendo: verde, verde-amarelo, amarelo-esverdeado, amarelo e amarelo-amarronzado; e três tipos de embalagens: saco de papel do tipo Kraft®; hermética de plástico transparente, com 0,06 mm de espessura; e hermética de vidro transparente, sendo isolado o fator tempo de armazenamento (120 dias de armazenamento).

As sementes foram obtidas a partir de frutos do mercado local e cultivadas na Fazenda Experimental do Centro Universitário Norte do Espírito Santo, em São Mateus. A colheita dos frutos foi realizada em fevereiro de 2017, de forma aleatória em 36 plantas, sendo colhidos três frutos, oriundos de polinização aberta, por planta. Os frutos selecionados de acordo com o estágio de maturação do cálice (Figura 1), por meio de seleção visual e obedecendo a seguinte classificação: E₁: Verde; E₂: Verde-Amarelo; E₃: Amarelo-Esverdeado; E₄: Amarelo e E₅: Amarelo-Amarronzado (LIMA *et al.*, 2009).



Figure 1 - Color of the calyx of the goldenberry according to maturation stage.

Figura 1 - Cor do cálice dos frutos de fisális de acordo com o estágio de maturação.

After selection, the fruit were depulped and the pulp was washed to remove the seeds with the aid of a sieve. The seeds were placed on paper and left in the laboratory at room temperature for 24 hours to eliminate excess water and stored in the different types of packaging for 120 days.

The germination test was carried out with three replications consisting of 25 seeds placed on moist germitest paper in a petri dish (90 x 15 mm). The paper was moistened on a daily basis with the same quantity of distilled water, corresponding to three times the weight of the dry paper substrate (BRASIL, 2009). The dishes were kept in a BOD germination chamber at a constant temperature of 25 °C and with a 12-hour daily photoperiod, simulating day and night temperature and light characteristics (BRASIL, 2009). The dishes were placed randomly in the chamber.

The germinated seeds were counted daily at the same time between the 5th and 21st day after beginning the test (MAGUIRE, 1962). The criteria for emergence was the radicle production greater than two millimeters an normal seedling germinated with all the structures, according to the recommendations of the Rules for Seed Analysis produced by Brazil's Ministry of Agriculture (BRASIL, 2009). The following variables were analyzed: final percentage of emergence (PE), expressed as the number of emerged seedlings as a percentage of the number of seeds (%); seed germination rate (SGR), based on the daily number of germinated seeds up to germination stabilization, adopting the formula proposed by Maguire (1962); shoot length (SL); radicle length (RL) in cm, by directly measuring all the emerged seedlings 21 days after beginning the test using a ruler; and length of seedling (LS), which is the sum of SL and RL.

Analysis of variance was applied to the data and means were compared using Tukey's test, adopting a 1% significance level. The statistical analyses were performed using ASSISTAT (SILVA; AZEVEDO, 2016).

Após a seleção, os frutos foram despulpados e as sementes removidas da polpa por meio da lavagem em água corrente com auxílio de uma peneira, acondicionadas sobre papel e mantidas em laboratório, sob temperatura ambiente, durante 24 horas, a fim de eliminar o excesso de água. Em seguida, as sementes foram armazenadas nos diferentes tipos de embalagem por 120 dias.

O teste de germinação foi realizado com três repetições compostas por 25 sementes dispostas em placas de Petri (90 x 15 mm) sobre papel germitest umedecido diariamente com água destilada, sempre na mesma quantidade, correspondente a três vezes o peso do papel substrato seco (BRASIL, 2009). As placas foram mantidas em câmara de germinação do tipo BOD, regulada à temperatura constante de 25 °C e fotoperíodo de 12 horas, simulando as características térmicas e de inserção de luz tanto do dia quanto da noite (BRASIL, 2009). A distribuição das placas se deu de forma aleatória na BOD.

Findada a implantação do teste, a contagem das sementes germinadas foi realizada diariamente, no mesmo horário, do 5^o ao 21^o dia após a sementeira (MAGUIRE, 1962), computando-se como emergidas as sementes que tiveram protrusão de radícula superior a dois milímetros e germinadas as plântulas normais, com todas as estruturas normais, de acordo com as recomendações das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). As variáveis analisadas foram: percentual final de emergência (PE), obtido pela contagem direta do número de plântulas emergidas e posteriormente transformadas em percentual (%); índice de velocidade de germinação (IVG), através da contagem diária do número de sementes germinadas até a estabilização da germinação, quando foram submetidas ao cálculo do IVG, de acordo com a fórmula proposta por Maguire (1962); comprimento da parte aérea (CPA); comprimento da radícula (CR), medida de todas as plântulas emergidas após 21 dias do estabelecimento do teste de germinação, com auxílio de uma régua graduada (em cm); e comprimento da plântula (CP), que consiste na soma do CPA mais CR.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 1% de significância pelo software ASSISTAT (SILVA; AZEVEDO, 2016).

RESULTS AND DISCUSSION

There was a significant relation between the calyx maturation stage and type of packaging and final percentage of emergence (PE) and seed germination rate (SGR). However, there was no relation between maturation stage and type of packaging and seedling growth and so we compared the means of the seedling growth characteristics.

Table 1 shows that the seeds from fruit with a green calyx displayed the lowest mean PE in all types of packaging. The other stages of maturation did not show significant differences. With regard to packaging, the seeds from fruit in the green stage stored in plastic achieved the highest PE. Packaging did not influence PE in the other stages of maturation.

The poor performance of the seeds from fruit with a green calyx stored in glass airtight packaging may be due to incorrectly sealed packaging, meaning that the seeds may have been influenced by external conditions, showing a similar behavior to those in paper packaging, which is porous. This result was not expected, considering that the glass packaging is impermeable and therefore resistant to exchanges with the external environment, while porous packaging like paper is influenced by climatic conditions and enables the exchange of vapor between the seeds and the environment in which they are stored.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve interação significativa entre estádios de maturação do cálice dos frutos e tipos de embalagens para as variáveis percentual final de emergência (PE) e índice de velocidade de emergência (IVG). Para as variáveis de crescimento das plântulas, não houve interação, sendo estudado os efeitos médios.

Na Tabela 1, verifica-se que sementes extraídas de frutos com cálice verde tiveram os menores valores para PE, independentemente do tipo de embalagem. Nos demais estágios de maturidade, não houve diferenças significativas. Dentro do fator embalagens, as sementes obtidas no estágio verde, quando armazenadas em embalagens de plástico, alcançaram maiores valores médios de emergência. Para os demais estágios de maturidade, as embalagens não influenciaram no percentual de germinação.

O baixo desempenho de sementes de frutos com cálice verde armazenadas em embalagens herméticas de vidro pode ter ocorrido devido à não vedação correta das embalagens, sendo influenciadas por condições externas, comportando-se semelhantemente à embalagem de papel (poroso). Tal resultado não era esperado, uma vez que essas embalagens são impermeáveis e mostram-se resistentes às trocas com o meio externo, enquanto as embalagens porosas, como as de papel, são influenciadas por condições climáticas e possibilitam trocas de vapor entre as sementes e o meio no qual estão armazenadas.

Table 1 - Final percentage of emergence according to the calyx maturation stage and type of packaging
Tabela 1 - Percentual final de emergência (PE, em %) de acordo com estádios de maturação do cálice dos frutos e tipos de embalagens

Calyx maturation stage	Type of packaging		
	Paper	Plastic	Glass
Green	45.3 bB	73.3 bA	52.0 bB
Green-yellow	97.3 aA	100.0 aA	97.3 aA
Greenish-yellow	97.3 aA	97.3 aA	96.0 aA
Yellow	100.0 aA	98.7 aA	98.7 aA
Brownish-yellow	97.3 aA	94.7 aA	93.3 aA
CV (%)	5.63		

The means followed by the same letter (capital in the rows and lowercase in the columns) were not statistically different from each other under Tukey's test adopting a 1% significance level.

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

Other studies with *Physalis* species have reported higher PE in seeds from fruit in the more advanced stages of maturation (MAZZORO *et al.*, 2003; RODRIGUES-BURGOS *et al.*, 2011), showing the importance of the association between changes in fruit and seed characteristics throughout the maturation process for determining the optimum harvest time. The seeds of *P. peruviana* reach physiological maturity when the fruit is greenish-yellow and the calyx is green-yellow (MAZZORO *et al.*, 2003).

In contrast to the present study, Carvalho *et al.* (2014) found that seeds from fruit with a green calyx showed greater potential for sexual propagation. These authors also tested the influence of types of packaging on the storage of goldenberry seeds, concluding that paper and glass packaging did not influence seed viability during the storage period.

Seed viability was classified based on the results of the germination test (Table 1). The seeds from fruit with a green calyx were classified as having between low and medium viability (between 45 and 73% emergence), while those from fruit from other stages of maturation showed high viability, with over 90% emergence (BRASIL, 2009). With regard to commercialization, batches of seeds must achieve the specific germination rates set for the species (BRASIL, 2014). Although a standard has yet to be set for the commercialization of goldenberry seeds, the mean PE of seeds from fruit with a green calyx is too low to indicate this maturation stage as a point of physiological maturity for the harvest of fruits for sexual propagation.

In general, the type of packaging used for storage influences seed viability (KUHN *et al.*, 2012). In this regard, all the types of packaging used in this study (including paper) were shown to be suitable for maintaining the viability of goldenberry seeds, as long as the seeds have an adequate level of physiological maturity.

The literature shows that different seeds show different characteristics when it comes to type of packaging. Silva *et al.* (2018) found that chili pepper seeds stored in paper packaging and plastic bottles lasted longer than those kept in aluminum packaging, while Kuhn *et al.* (2012) showed that airtight packages were the most suitable type of packaging for prolonging the viability of tomato seeds.

Em espécies de *Physalis*, as maiores porcentagens de germinação foram obtidas nas sementes provenientes de frutos com maior grau de maturação (MAZZORO *et al.*, 2003; RODRIGUES-BURGOS *et al.*, 2011), evidenciando a importância da associação entre as mudanças nas características dos frutos e sementes ao longo da maturação para a determinação de um índice de colheita de fácil determinação. As sementes de *P. peruviana* atingem a maturidade fisiológica quando os frutos são amarelos esverdeados e o cálice verde amarelado (MAZZORO *et al.*, 2003).

Já Carvalho *et al.* (2014) observaram que sementes extraídas de frutos com cálice verde apresentaram maior potencial para a propagação seminífera da espécie, divergindo dos resultados obtidos nesse estudo. Além disso, esses autores testaram a influência de tipos de embalagens para armazenamento de sementes fisális, concluindo que embalagens de papel e de vidro não influenciaram na viabilidade das sementes durante o período em que foram submetidas ao armazenamento.

Baseado no teste de germinação (Tabela 1), foi possível classificar a viabilidade das sementes. As extraídas de frutos com cálice verde foram classificadas entre baixa e intermediária viabilidade (entre 45 e 73% de emergência); e as demais em alta viabilidade, com emergência superior a 90% (BRASIL, 2009). Para a comercialização e utilização de sementes de determinado lote são estabelecidos índices de germinação específicos para cada espécie, que devem ser seguidos (BRASIL, 2014). Os valores obtidos no teste de germinação de sementes extraídas de frutos com cálice verde são muito baixos para que esse estágio de maturação seja indicado como ponto de maturidade fisiológica para a colheita de frutos destinados a propagação seminífera da espécie, apesar de ainda não existir um padrão para a comercialização de sementes de fisális.

De modo geral, o tipo de embalagem utilizada no armazenamento tem influência na conservação da viabilidade das sementes (KUHN *et al.*, 2012). Dessa forma, as embalagens utilizadas foram adequadas para manter a viabilidade das sementes fisális, mesmo a de papel, desde que as sementes estejam com maturidade adequada.

As sementes têm especificidades quanto ao tipo de embalagem, conforme a literatura. Silva *et al.* (2018) verificaram que sementes de pimenta, quando mantidas em embalagens de papel e garrafa pet, mantiveram-se conservadas por um período de tempo maior se comparadas às acondicionadas em embalagem de alumínio, as quais se deterioraram mais rapidamente. Já Kuhn *et al.* (2012) recomendaram embalagens herméticas para sementes de tomateiro, pois são mais adequadas à conservação da viabilidade das sementes dessa espécie.

The temperature and humidity of the air of the storage environment have a direct influence on the moisture content goldenberry seeds due to their hygroscopic properties. Thus the use of packaging that prevent the exchange of water vapor between the seed and the external environment is important to prevent fluctuations in seed moisture content (CARDOSO *et al.*, 2012).

With regard to seed germination rate, Table 2 shows that rates were lower in seeds from fruit with a green calyx than in those from fruit in the other stages of maturation.

The low SGR in seeds from fruit with a green calyx may be related to their low level of physiological maturity, resulting in lower daily germination rates. It is also important to highlight that the higher the SGR, the higher the mean daily germination and better treatment of the seed batches, resulting in more even seedling growth. Similar results were found by Soares *et al.* (2016) in a study of the influence of maturation stage and substrate on the germination potential of Neem seeds and Agustini *et al.* (2015), in a study of the physiological maturity of *Moringa oleifera*. Both studies reported lower SGR in green seeds.

A temperatura e umidade relativa do ar do ambiente de armazenamento influenciam diretamente no teor de água das sementes, devido ao seu caráter higroscópico. Assim, o uso de embalagens que permitem troca de vapor de água entre semente e meio externo é importante para impedir flutuações no teor de umidade das sementes (CARDOSO *et al.*, 2012).

Para os índices de velocidade de germinação (Tabela 2), verificou-se que as sementes obtidas de frutos com cálice verde tiveram resultados inferiores, quando comparados aos demais estádios.

O baixo IVG nas sementes obtidas de frutos de cálice verde pode estar relacionado à sua maturidade fisiológica, uma vez que podem estar imaturas e resultar em menores taxas de germinação diária. Ressalta-se também que, quanto maior o valor do IVG, maior será a germinação média diária e melhor será o tratamento ou lote de sementes, por possibilitar maior uniformidade entre plântulas. Resultado semelhante foi encontrado por Soares *et al.* (2016), ao estudarem o potencial germinativo de sementes de Nim em função do estágio de maturação e substrato, e por Agustini *et al.* (2015), ao estudarem a maturidade fisiológica de *Moringa oleifera*, sendo observado, em ambos os trabalhos, menores IVG em sementes verdes.

Table 2 - Goldenberry seed germination rate (SGR) according to the calyx maturation stage and type of packaging

Tabela 2 - Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de *Physalis peruviana* de acordo com os estádios de maturação do cálice dos frutos e tipos de embalagens

Calyx maturation stage	Type of packaging		
	Paper	Plastic	Glass
Green	0.7 bB	1.1 bA	0.8 bB
Green-yellow	1.4 aA	1.5 aA	1.4 aA
Greenish-yellow	1.4 aA	1.4 aA	1.4 aA
Yellow	1.5 aA	1.5 aA	1.5 aA
Brownish-yellow	1.4 aA	1.4 aA	1.4 aA
CV (%)	5.62		

The means followed by the same letter (capital in the rows and lowercase in the columns) were not statistically different from each other under Tukey's test adopting a 1% significance level.

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

The data in Table 2 show that packaging influenced the seed germination rate in seeds from fruit with a green calyx. The seed germination rate in this stage was highest in seeds stored in plastic. The difference in germination rates between this type of packaging and the other types was significant, showing that plastic was the most suitable packaging type for maintaining seed viability in this stage. A similar pattern was shown in the final percentage of emergence, which is closely related to the permeability of the packaging material and hygroscopicity of goldenberry seeds. Our results were similar to those found by De Sena *et al.* (2018), who reported that the viability of stored seeds varies according to the type of packaging used. In contrast, in a study of *Sinningia lineata* seeds (Hjelmq.), Wesp *et al.* (2018) found that the germination rate for green seeds was higher in seeds stored in glass bottles. For the other maturation stages, packaging did not influence physiological quality.

Length of seedling (LS), shoot length (SL) and radicle length (RL) were affected by maturation stage (Table 3).

Com base nos dados da Tabela 2, observou-se que as embalagens influenciaram no índice de velocidade de germinação nas sementes obtidas de frutos com cálice verde. Nesse estágio, a embalagem hermética de plástico apresentou índice de velocidade de germinação superior às demais, diferindo estatisticamente das embalagens porosas e herméticas de vidro, mostrando-se mais apta à conservação da viabilidade das sementes nesse estágio. Comportamento semelhante foi observado no percentual final de emergência, o que está estreitamente relacionado à permeabilidade do material da embalagem e à higroscopicidade das sementes de fisális, sendo semelhante aos resultados relatados por De Sena *et al.* (2018), que afirmaram que a viabilidade das sementes armazenadas durante a comercialização varia conforme o tipo de embalagem utilizada. No entanto, para sementes de *Sinningia lineata* (Hjelmq.), Wesp *et al.* (2018) verificaram que o índice de velocidade de germinação alcançou valores mais elevados quando as sementes foram armazenadas em frascos de vidro, diferindo dos resultados obtidos no presente estudo para sementes oriundas de frutos com cálice verde. Para as demais condições de maturidade, a embalagem não influencia na qualidade fisiológica.

As variáveis comprimento da plântula (CP), Comprimento da parte aérea (CPA) e comprimento da radícula (CR) foram afetadas pelo estágio de maturação (Tabela 3).

Table 3 - Calyx maturation stage and goldenberry seedling growth characteristics

Tabela 3 - Estádios de maturação do cálice nas características de crescimento de plântulas de fisális

Calyx maturation stage	LS	SL	RL
	(cm)		
Green	1.3 a	0.7 a	0.6 a
Green-yellow	0.9 b	0.6 ab	0.3 b
Greenish-yellow	0.8 b	0.5 b	0.3 b
Yellow	0.7 b	0.4 b	0.3 b
Brownish-yellow	0.8 b	0.5 ab	0.3 b
CV (%)	26.1	21.89	45.26

The means followed by the same letter (capital in the rows and lowercase in the columns) were not statistically different from each other under Tukey's test adopting a 1% significance level.

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.

Although differences between seedlings are generally visible, numerical values are needed to separate more vigorous seedlings. This is why the mean length of the normal seedlings or their parts is measured, where the higher the values the more vigorous the sample (NAKAGAWA, 1999). Similar results were reported by Vanzolini *et al.* (2007) in a study of seed vigor in a batch of soybean seeds, confirming that length tests are an efficient way of detecting differences in vigor among seeds from the same batch.

Our results show that the calyx maturation stage of the fruit that provided seeds with higher viability and vigor was not consistent with the results obtained for growth characteristics, since the seeds from fruit with a green calyx showed lower PE and SGR and higher LS, SL and RL when compared to the other treatments (Table 3). Although these seedling characteristics are efficient tools for identifying differences in the physiological quality of seeds of multiple species (NAKAGAWA, 1999) and are closely related to seedling emergence in the field (VANZOLINI *et al.*, 2007), our results show that the preferred method should be PE and SGR these differences are found.

CONCLUSIONS

It is recommended that goldenberry seeds should be obtained from fruit with a green-yellow to brownish-yellow calyx because these maturation stages showed a high percentage of germination and did not differ in the characteristics analyzed.

All the packaging types analyzed by this study are recommended for the storage of goldenberry seeds obtained from fruit with a green-yellow to brownish-yellow calyx for a 120-day storage period.

As diferenças entre plântulas são, na maioria das vezes, visíveis, todavia, há necessidades de valores numéricos para separar aquelas mais vigorosas. Para isso, a determinação do comprimento médio das plântulas normais ou partes destas é realizada, tendo em vista que as amostras que apresentam os maiores valores médios são as mais vigorosas (NAKAGAWA, 1999). Resultados semelhantes foram obtidos por Vanzolini *et al.* (2007), ao estudarem o vigor de um lote de sementes de soja, confirmando que os testes de comprimento são eficientes na detecção de diferenças de vigor em sementes de um mesmo lote.

No presente estudo, verificou-se que os estádios de maturação do cálice dos frutos que possibilitaram a obtenção de sementes com maior viabilidade e vigor não seguiram os resultados obtidos para as características de crescimento, pois sementes obtidas em frutos com cálice verde apresentaram menor PE e IVG e maior CP, CPA e CR em relação aos demais tratamentos (Tabela 3). Embora essas características da plântula sejam ferramentas eficientes na identificação de divergências na qualidade fisiológica em sementes de múltiplas espécies (NAKAGAWA, 1999) e estreitamente ligados a emergência das plântulas em nível de campo (VANZOLINI *et al.*, 2007), os resultados desse estudo mostram, no entanto, que eles devem ser preteridos em favor do PE e IVG, quando há divergências.

CONCLUSÕES

Por apresentarem alto percentual de germinação e não diferirem entre si nas características analisadas, recomenda-se a extração de sementes de fisális em frutos com cálice de coloração desde verde-amarelo até amarelo-amarronzado;

Todas as embalagens são indicadas para o armazenamento de sementes de fisális obtidas em frutos com cálice de coloração verde-amarelado a amarelo-amarronzado aos 120 dias de armazenamento.

CITED SCIENTIFIC LITERATURE

- ADAMS, C.; BARICHELLO, E. C.; SANTOS, M.; GEMELI, M. S.; BERTOLINI, A.; KLEIN, C. Ponto de colheita de *physalis* em condições climáticas do extremo oeste de Santa Catarina. **Revista da Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa-Congrega Urcamp**, v. 15, n. 15, p. 1390-1399, 2018.
- AGUSTINI, M. B.; WENDT, L.; PAULUS, C.; MALAVASI, M. M. Maturidade fisiológica de sementes de *Moringa oleifera* (Lam). **Revista Inova Ciência & Tecnologia**, v. 1, n. 1, p. 11-17, 2015.
- BARROSO, N. S.; FONSECA, J. S. T.; NASCIMENTO, M. N.; PELACANI, C. R. *Physalis* development according to the growing season in the semi-arid region of the Bahia state, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 48, n. 4, p. 429-435, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-40632018v4854173>
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399 p.
- BRASIL. Congresso Nacional. Instrução Normativa nº 45, de 17 de setembro de 2013. Dispõe sobre os padrões para a produção e a comercialização de sementes. Diário Oficial da União, Brasília, DF, Seção 1, p. 16, 2013.
- CARDOSO, R. B.; BINOTTI, F. F. S.; CARDOSO, E. D. Potencial fisiológico de sementes de crame em função de embalagens e armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 3, p. 272-278, 2012.
- CARVALHO, T. C. D.; D'ANGELO, J. W. D. O.; SCARIOT, G. N.; SAES JÚNIOR, L. A.; CUQUEL, F. L. Germinação de sementes de *Physalis angulata* L.: estágio de maturação do cálice e forma de armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n. 4, p. 357-362, 2014.
- DE SENA, M. A.; AMARAL, M. C. A.; RIBEIRO, S. D. O.; CASTRO FILHO, M. N. D.; BANDEIRA, A. D. S.; MORAIS, O. M. Influência do tipo de embalagem na qualidade fisiológica de sementes de alface e almeirão, durante a comercialização. **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 1, 2018.
- EINHARDT, P. M.; LIMA, C. S. M.; ANDRADE, S. B. Ácido salicílico na conservação pós-colheita de frutos de *Physalis peruviana* L. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, v. 18, n. 1, p. 53-59, 2017.
- GAIER, V. R.; HILLEBRAND, F. L.; CUCHIARA, C. C.; BORTOLOTO, R. P.; KOEFENDER, J. Influência do armazenamento, temperatura e fotoperíodo no potencial fisiológico das sementes de *Physalis peruviana* (Linnaeus, 1763, Solanaceae). **Revista Thema**, v. 16, n. 4, p. 832-844, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.15536/thema.V16.2019.832-844.1516>
- KUHN, P. R.; KULCZYNSKI, S. M.; BELLÉ, C.; KOCH, F.; WERNER, C. J. Produção de mudas de fisalis (*Physalis peruviana*) provenientes de sementes de frutos verdes e maduros submetidas a diferentes substratos. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 15, p. 1378-1385, 2012.
- LIMA, C. S. M.; SEVERO, J.; MANICA-BERTO, R.; SILVA, J. A.; RUFATO, L.; RUFATO, A. R. Características físico-químicas de *Physalis* em diferentes colorações do cálice e sistemas de condução. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 4, p. 1060-1068, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452009000400020>.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v.2, n.2, p.176-177, 1962.
- MARCOS FILHO, J. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.
- MAZORRA, M. F.; QUINTANA, A. P.; MIRANDA, D.; FISCHER, G.; CHÁVES, B. Análisis sobre el desarrollo y la madurez fisiológica del fruto de la chufa (*Physalis peruviana* L.) en la zona de Sumapaz (Cundinamarca). **Agronomía Colombiana**, v. 21, n. 3, p. 175-189, 2003.
- MUNIZ, J.; KRETZSCHMAR, A. A.; RUFATO, L.; PELIZZA, T. R.; RUFATO, A. R.; MACEDO, T. A. de. General aspects of *physalis* cultivation. **Ciência Rural**, v. 44, n. 6, p. 964-970, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782014005000006>.
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYŻANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; Neto, J. B. F. (Ed.). Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1999. v. 1, p. 20-31.

- PUENTE, L. A.; PINTO-MUÑOZ, C. A.; CASTRO, E. S.; CORTÉS, M. *Physalis peruviana* Linnaeus, the multiple properties of a highly functional fruit: A review. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 1733-1740, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2010.09.034>
- RODRÍGUEZ-BURGOS, A.; AYALA-GARAY, O. J.; LIVERA, A. H.; LEAL-LEÓN, V. M.; CORTEZ-MONDACA, E. Desarrollo de fruto y semilla de cinco variedades de tomate de cáscara en Sinaloa. **Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas**, v. 2, n. 5, p. 673-687, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.29312/remexca.v2i5.1617>
- RODRIGUES, F. A.; PENONI, E. S.; SOARES, J. D. R.; PASQUAL, M. Caracterização do ponto de colheita de *Physalis peruviana* L. na região de Lavras, MG. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 6, p. 862-867, 2012.
- RODRÍGUEZ, F. E. E.; GONZÁLEZ, C.; RODRÍGUEZ, E. A.; LÓPEZ, C. E.; LANDSMAN, D.; BARRERO, L. S.; RAMÍREZ, L. M. Identification of Immunity Related Genes to study the *Physalis peruviana* – *Fusarium oxysporum* Pathosystem. **Plos one**, v. 8, n. 7, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0068500>
- RUFATO, A. D. R.; RUFATO, L.; LIMA, C. S. M.; MUNIZ, J. A cultura da *Physalis*. Série Fruticultura – Pequenas Frutas, **CNPUV**, 2013.
- SANTANA, G. E.; ANGARITA, A. Regeneración adventicia de somaclones de uchuva (*Physalis peruviana*). **Agronomía Colombiana**, v. 14, n. 3, p. 59-65, 1997.
- SBRUSSI, C. A. G.; ZUCARELI, C.; PRANDO, A. M.; SILVA, B. V. A. B. Maturation stages of fruit development and physiological seed quality in *Physalis peruviana*. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 3, p. 543-549, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1806-66902014000300015>
- SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assstat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 39, p. 3733-3740, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJAR2016.11522>
- SILVA, D. F.; PIO, R.; SOARES, J. D. R.; ELIAS, H. H. S.; VILLA, F.; BOAS, E. V. B. V. Light spectrum on the quality of fruits of *Physalis* species in subtropical area. **Bragantia**, v. 75, n. 3, p. 371-376, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.463>
- SILVA, H. W.; SOARES, R. S.; VALE, L. S. R.; RODOVALHO, R. S. Qualidade de sementes de pimenta durante o armazenamento em diferentes embalagens. **Acta Iguazu**, v. 7, n. 3, p. 76-84, 2018.
- SOARES, A. N. R.; ROCHA JÚNIOR, V. F. R.; VITÓRIA, M. F.; SILVA, A. V. C. Germinação de sementes de nim em função da maturidade fisiológica e do substrato. **Nucleus**, v. 13, n. 1, p. 215-222, 2016.
- SOUZA, M. O.; SOUZA, C. L. M.; BARROSO, N. S.; PELACANI, C. R. Preconditioning of *Physalis angulata* L. to maintain the viability of seeds. **Acta Amazonica**, v. 44, n. 1, p. 153-156, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672014000100015>
- VANZOLINI, S.; ARAKI, C. A. S.; SILVA, A. C. T. M.; NAKAGAWA, J. Teste de comprimento de plântula na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 2, p. 90-96, 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222007000200012>
- VILLELA, F. A.; PEREZ, W. B. Tecnologia de sementes – coleta, beneficiamento e armazenamento. In: FERREIRA, A. G. E BORGHETTI, F. (Coord.). Germinação – do básico ao aplicado. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 265- 280.
- WATANABE, H. S.; OLIVEIRA, S. L. Comercialização de frutas exóticas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 1, p. 23-38, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0100-2945-443/13>
- WESP, C. L.; BARROS, I. B. I.; FRANKE, L. B.; CONTINI, R. E. Diferentes condições de armazenamento na germinação de sementes de *Sinningia lineata* (Hjelmq.) chautems. **Revista da Jornada de Pós-graduação e Pesquisa-Congrega Urcamp**, v. 15, n. 15, p. 1084-1093, 2018.