

Aplicação do algoritmo k-nearest neighbor para classificação de métodos de controle enzimático em frutas**K-nearest neighbor algorithm application for classification of enzymatic control methods in fruits**

DOI:10.34117/bjdv6n3-088

Recebimento dos originais: 29/02/2020

Aceitação para publicação: 06/03/2020

Elen Vanessa Costa da Silva

Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos

Universidade do Estado do Pará

Endereço: R. Pedro Porpino da Silva, 1181 - São José, Castanhal - PA, 68745-000

E-mail: elen.vanessa@uepa.br

Josyane Brasil da Silva

Mestre em Saúde Animal

Universidade do Estado do Pará

Endereço: R. Pedro Porpino da Silva, 1181 - São José, Castanhal - PA, 68745-000

E-mail: josyanebr@gmail.com

Ana Jessica Mendes Honorato

Graduada em Tecnologia de Alimentos

Universidade do Estado do Pará

Endereço: R. Pedro Porpino da Silva, 1181 - São José, Castanhal - PA, 68745-000

E-mail: jessicahonorato26@hotmail.com

Sheylle Marina Martins Garcia

Graduada em Tecnologia de Alimentos

Universidade do Estado do Pará

Endereço: R. Pedro Porpino da Silva, 1181 - São José, Castanhal - PA, 68745-000

E-mail: sheyllemarina@gmail.com

Natacia da Silva e Silva

Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos

Universidade do Estado do Pará

Endereço: Av. Inácio Moura, 871, Cametá - PA, 68400-000

E-mail: natacia@uepa.br

Sabrina Baleixo da Silva

Graduada em Tecnologia de Alimentos

Universidade federal do Pará

Endereço: Instituto de tecnologia - Guamá, Belém Pará cep 66075-110

E-mail: sabrinabaleixo@gmail.com

Fabricio de Souza Farias

Doutor em engenharia elétrica

Universidade federal do Pará

Endereço: IRua padre antonio franco, 2617 Cametá-PA 68400000

E-mail: fabriciosf@ufpa.br

RESUMO

A cor natural de frutas e hortaliças é um dos fatores que determinam sua qualidade. Ao serem cortadas, rapidamente escurecem, interferindo nas características sensoriais e diminuindo sua vida comercial. Essas alterações ocorrem devido as enzimas como a polifenoloxidase e peroxidase. Neste trabalho foi estudada a influência de três métodos de controle de escurecimento enzimático (branqueamento, ácido ascórbico e sulfato de sódio) nas propriedades organolépticas da maçã, banana e abacate conservados em temperatura ambiente, refrigeração e congelamento e utilizado o algoritmo, k-Nearest Neighbor (KNN), para classificar e selecionar o melhor método. As frutas foram descascadas, cortadas e submetidas aos diferentes tratamentos e temperaturas. Após, 4 horas foram realizadas as análises de acidez e pH. A ferramenta de inteligência artificial utilizando o algoritmo, k-Nearest Neighbor (KNN) mostrou que o tratamento mais satisfatório foi o branqueamento por imersão da maçã para o tempo de 1 minutos, mostrando ser uma ferramenta confiável para classificar e selecionar o tratamento mais adequado para o escurecimento enzimático em frutas.

Palavras-chave: enzimas, branqueamento, ácido ascórbico, sulfato de sódio, inteligência artificial.

ABSTRACT

The natural fruits and vegetables color is one of the factors that determine their quality. When they are cut, they quickly darken, that interfering in the sensorial characteristics and diminishing their commercial life. These changes occur due to enzymes such as polyphenoloxidase and peroxidase. In this work the influence of three enzymatic darkening control methods (bleaching, ascorbic acid and sodium sulfate) on the sensory properties of apple, banana and avocado preserved at room temperature, refrigeration and freezing was studied and the algorithm, k-Nearest Neighbor (KNN), was used to classify and select the best studied method. The fruits were peeled, cut and subjected to different treatments and temperatures. After 4 hours, acidity and pH analyzes were performed. The artificial intelligence tool using the algorithm, K-Nearest Neighbor (KNN), showed that the most satisfactory treatment was the apple immersion whitening for 1 minute, showing to be a reliable tool to classify and select the most appropriate treatment for the enzymatic browning in fruits.

Keywords: enzymes, bleaching, ascorbic acid, sodium sulfate, artificial intelligence.

1 INTRODUÇÃO

Um dos fatores mais importantes que determinam a qualidade das frutas e hortaliças é a manutenção da cor natural. Mudanças na coloração durante a colheita, pós-

colheita, processamento e armazenamento acarretam em queda de qualidade, quando não controlados, tornando-se um grande desafio na elaboração de produtos processados (MELO 2015).

A maioria das frutas e vegetais quando submetidas ao descascamento, corte, trituração e outras injúrias rapidamente escurecem, pois com o rompimento das células, as enzimas naturalmente presentes entram em contato com diversos substratos que na presença de oxigênio, desenvolvem no produto uma coloração escura, além de mudanças indesejáveis nas características sensoriais (SANTIAGO, 2008).

As frutas e hortaliças merecem atenção especial, pois possuem em sua composição grupos de enzimas que causam alterações nos alimentos. Elas são responsáveis pela formação de compostos extremamente desejáveis, mas também podem provocar consequências desfavoráveis, como o escurecimento que ocorrem não só no alimento natural quando cortado, mas também durante o processamento e armazenamento de forma ineficiente (COSTA, 2011).

As enzimas peroxidase e polifenoloxidase lideram a degradação oxidativa de compostos sendo responsáveis pelo escurecimento em frutas, vegetais e seus produtos processados, por isso o controle das atividades destas enzimas é de grande importância durante a transformação dessas matérias primas para a obtenção de produtos processados (FREITAS, 2008).

A inativação e inibição enzimática podem ser realizadas através de alguns métodos, como por exemplo: tratamento térmico e branqueamento, o qual o binômio temperatura e tempo são parâmetros fundamentais nesse processo; exclusão do oxigênio por embalagem a vácuo ou emprego de atmosfera modificada além da adição de aditivos químicos como, dióxido de enxofre e seus derivados, ácido ascórbico e ácido cítrico (COSTA, 2011).

O estudo da influência de diferentes métodos de controle de escurecimento enzimático em frutas é de extrema importância, no entanto, avaliar qual o melhor método é uma dificuldade de muitos trabalhos, pois os dados estatísticos apresentam apenas diferença significativa, por meio da análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey, não estabelecendo resultados viáveis de um modo mais específico nestas comparações, necessitando desse modo, de análises experimentais que determinem de forma mais objetiva quais as melhores condições e tipos de tratamento para diminuir o escurecimento

enzimático, aumentando a qualidade e vida comercial do produto. Para solucionar esse problema, pode ser utilizado o algoritmo k-Nearest Neighbor (KNN), que utiliza a distância euclidiana e pode classificar e selecionar o melhor método.

Diante disso, o artigo teve como objetivo estudar a influência de três métodos de controle de escurecimento enzimático nas propriedades organolépticas de frutas (maçã, banana e abacate) em temperatura ambiente, refrigerada e congelada e utilizando a ferramenta de inteligência artificial por meio do algoritmo, k-Nearest Neighbor (KNN), para determinação do melhor método de controle de escurecimento nessas frutas.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Preparo das amostras

As frutas (maçã, banana e abacate) foram escolhidas em ponto de maturação ótima para consumo, com coloração da casca sem manchas. Inicialmente foram lavadas em água corrente, em seguida, sanitizadas por imersão durante 15 minutos em solução de água clorada a 10 ppm e por fim lavadas em água corrente. As frutas foram cortadas e descascadas, mantendo a uniformidade de tamanho. Todos os tratamentos foram executados em triplicata, sendo um grupo controle o qual não passou pelo tratamento e foi armazenado em temperatura ambiente, refrigerado e congelado. Inicialmente foram feitas as análises de pH e acidez. O tratamento controle, o refrigerado e o congelado foram analisados depois de decorridos 4 horas, sendo realizada novamente análise de pH e acidez. Os métodos de inibição do escurecimento enzimático foram: branqueamento, ácido ascórbico e sulfato de sódio.

O branqueamento por imersão foi executado à 98°C, os pedaços de frutas foram imersos no período de 1, 2 e 3 minutos. Para o ácido ascórbico as amostras foram imersas em três diferentes soluções de ácido ascórbico, sendo 0,5%, 1% e 1,5% por 5 minutos e por fim o terceiro tratamento, com sulfato de sódio onde as amostras foram imersas em uma solução de 0,03% de sulfato de sódio no período de 1, 2 e 3 minutos (MELO, 2015). Após os tratamentos, foram realizadas análises de acidez e pH nas amostras e rapidamente acondicionadas em temperatura de resfriamento (7°C) e congelamento (-18°C), após o período de 4 horas foram realizadas análises de pH e acidez.

A determinação da acidez titulável foi realizada utilizando titulação com NaOH 0,1 N e o pH foi determinado utilizando pHmêtro digital, segundo técnica da (AOAC, 1992).

Para determinar o melhor método de controle do escurecimento enzimático sobre as propriedades organolépticas da maçã, banana e abacate, foi utilizado o Algoritmo dos K-vizinhos mais próximos (KNN) que é um algoritmo de inteligência artificial de agrupamento que utiliza a distância euclidiana para agrupar ou classificar itens semelhantes (SU, 2011; DAKHLAOUI et al, 2012; DUDA et al, 2012). Os dados analisados neste trabalho foram compostos pelas análises de pH e acidez, levando em consideração os tratamentos de branqueamento, ácido ascórbico e sulfato, totalizando 36 bases de dados e a relevância de cada uma foi estudada utilizando o KNN. Neste estudo foi utilizado o software MATLAB para simulações envolvendo inteligência artificial.

Neste método, primeiro foi definido uma suposição de como seria o tratamento “ideal”, baseado nas propriedades de menor pH, melhor o tratamento e maior acidez, melhor o tratamento, conforme a literatura. Em seguida, foi utilizado a melhor combinação como ponto ideal do tratamento para calcular a distância euclidiana de cada registro por meio do KNN, obtendo-se assim, o ranking dos tratamentos do presente estudo, sendo que, quanto menor a distância euclidiana, melhor será o tratamento.

Desse modo, foi formado um conjunto de dados, composto por n observações previamente classificadas, como $X = \{x_1, x_2 \dots, x_n\}$, e uma observação a ser classificada, formada por $Y = \{y_1, y_2 \dots, y_n\}$ em um espaço n -dimensional, obtendo a distância euclidiana, que foi calculada conforme a equação abaixo (1)

$$Dist(X, Y) = \sqrt{(x_1 - y_1)^2 + (x_2 - y_2)^2 + \dots + (x_n - y_n)^2}$$

Equação (1).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 encontram-se os resultados de pH, acidez e Knn dos tratamentos para a Maçã

Tabela 1: Resultados de pH, acidez e Knn dos tratamentos para a Maçã (M)

Acidez Controle	Acidez Refrigerado	Acidez Congelado	pH Controle	pH Refrigerado	pH Congelado	Tipos	Distância Euclidiana	Posição no Ranking
0,32±0,03	0,33±0,07	0,28±0,11	4,3±1,14	4,14±1,07	4,24±0,93	M/BR/1min	0,81	1

0,33±0,07	0,31±0,01	0,24±0,03	4,48±0,88	4,45±0,78	4,45±0,49	M/BR/3min	1,09	2
0,31±0,07	0,2±0,06	0,27±0,13	4,58±1,03	4,55±0,78	4,41±0,84	M/BR/2min	1,17	3
0,22±0,08	0,27±0,04	0,36±0,00	5,2±0,85	5,05±0,64	4,8±0,57	M/SS/1min	2,01	4
0,2±0,08	0,28±0,25	0,28±0,28	5,2±0,71	5,05±0,64	5,1±0,71	M/AA/1,0 g	2,15	5

BR: branqueamento; SS: solução de sulfito; AA: ácido ascórbico

Observa-se na Tabela 1 que quanto menor a distância euclidiana, mais eficiente é o tratamento aplicado, e dentre os três, o mais satisfatório foi o branqueamento por imersão, na maçã, para o tempo de 1 minuto. Observando ainda que o branqueamento teve êxito nos três tempos estabelecidos de tratamento para a maçã, evitando assim, o escurecimento enzimático após as quatro horas em temperatura de refrigeração e congelamento, inibindo a ação enzimática.

As enzimas têm um pH ótimo (4,5 e 8,0) ou uma região ótima no qual sua atividade é máxima. Esse escurecimento depende também da concentração de enzimas ativas, de fenóis nos tecidos, da temperatura e disponibilidade de oxigênio. O pH da maçã está entre 3 e 5, na qual o branqueamento atuou conjuntamente com este fator para inibir o escurecimento enzimático, sendo este um tratamento de baixo custo e de fácil aplicação. Além do que a polifenoloxidase não é uma enzima termorresistente, acontecendo na maioria dos casos a destruição completa de suas funções catalíticas pela exposição por curtos períodos de tempo do tecido em temperatura de 70 a 90° C (ALCANTARA & SANTOS, 2014).

MELO (2015), ao analisar o branqueamento no período de 1, 2 e 3 minutos obteve resultados satisfatórios para a maçã nos três períodos de tempo estudado, obtendo no tempo de 3 minutos, após branqueamento, um produto sem escurecimento. Já no período de 2 minutos o escurecimento foi considerado moderado para a maçã, assim como para a banana. Obtendo ainda, bons resultados para a pêra no intervalo de 3 minutos, da mesma forma esses três intervalos de tempo foram capazes de inibir o escurecimento na batata. O tempo de 2 minutos, se mostrou efetivo também para HAMINIUKE *et al* (2005), ao tratar maçãs, este se mostrou capaz de prevenir o escurecimento enzimático.

Da mesma forma CLERICI (2014), ao aplicar o branqueamento por 2 minutos com temperatura entre 70 a 100°C, seguida de congelamento por 7 dias em maçãs, constatou a desnaturação da peroxidase, ou seja, a temperatura foi adequada para inativar as enzimas polifenol e peroxidase. Este mesmo autor ao tratar maçãs com ácidos e sulfitos

observou que estas apresentaram colorações mais claras do que a amostra controle. Assim como FONTES et al, (2009), ao realizar ensaios usando ácido ascórbico em maçãs observou, que o uso dessa solução resultou em índices menores de escurecimento.

A Tabela 2 apresenta os resultados de pH, acidez e Knn dos tratamentos para a Banana

Tabela 2: Resultados de pH, acidez e Knn dos tratamentos para a Banana (B)

Acidez Controle	Acidez Refrigerado	Acidez Congelado	pH Controle	pH Refrigerado	pH Congelado	Tipos	Distância Euclidiana	Posição no Ranking
0,36±0,08	0,38±0,06	0,37±0,07	5,85±0,35	5,8±0,57	5,85±0,64	B/BR/1min	3,53	15
0,42±0,03	0,36±0,00	0,41±0,07	5,9±0,57	5,85±0,49	5,9±0,42	B/BR/2min	3,60	17
0,33±0,06	0,31±0,08	0,24±0,06	4,48±0,28	4,45±0,42	4,45±0,42	B/BR/3min	3,68	19
0,67±0,55	0,25±0,07	0,32±0,06	5,9±0,00	5,85±0,21	5,75±0,35	B/BR/SS/1min	3,86	21
0,28±0,03	0,24±0,06	0,23±0,04	5,8±0,14	5,9±0,14	5,75±0,21	B/BR/SS/3min	3,95	22

BR: branqueamento; SS: solução de sulfito

A temperatura e as condições de oxigênio utilizadas foram as mesmas em todas as frutas, porém, o pH da banana em torno de 5 a 7, foi propício para a ação das enzimas, como afirma MELO (2008), o pH ótimo para ação da polifenoloxidase em banana é em torno de 6,5, e de acordo com o knn a melhor colocação para a banana ocupou a decima quinta posição no ranking para o tratamento branqueamento por 1 minuto.

REIS et al. (2004) não verificaram influência do tratamento químico contendo ácido ascórbico e cloreto de cálcio sobre o pH, durante quatro dias de armazenamento de banana prata minimamente processada.

A Tabela 3 mostra os resultados de pH, acidez e Knn dos tratamentos para o Abacate (A).

Tabela 3: Resultados de pH, acidez e Knn dos tratamentos para o Abacate (A)

Acidez Controle	Acidez Refrigerado	Acidez Congelado	pH Controle	pH Refrigerado	pH Congelado	Tipos	Distância Euclidiana	Posição no Ranking
0,07±0,01	0,07±0,01	0,07±0,01	6,84±0,37	6,82±0,40	6,75±0,64	A/BR/3min	5,30	37
0,12±0,03	0,08±0,00	0,08±0,03	6,72±0,11	6,61±0,13	6,57±0,33	A/BR/1min	5,33	38
0,09±0,01	0,07±0,01	0,06±0,03	6,77±0,19	6,74±0,23	6,78±0,32	A/BR/2min	5,49	39
0,12±0,03	0,08±0,00	0,08±0,03	6,72±0,11	6,61±0,13	6,57±0,33	A/BR/1min	5,78	40

0,09±0,01 0,07±0,01 0,06±0,03 6,77±0,19 6,74±0,23 6,78±0,32 A/BR/2min 6,08 41

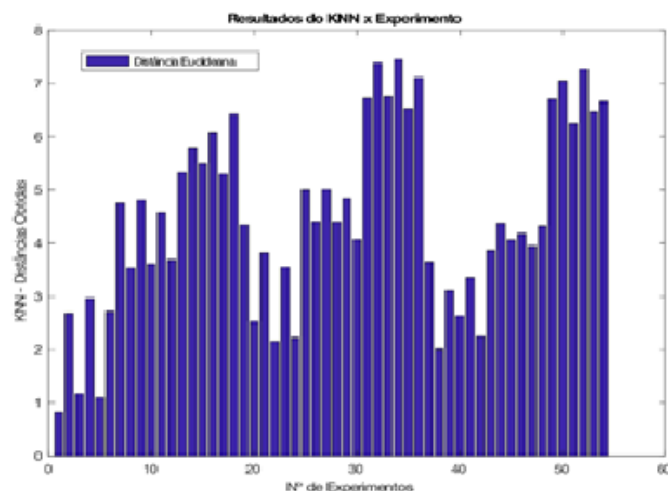
BR: branqueamento

O abacate não obteve resultados considerados satisfatório em nenhum dos três tratamentos (branqueamento, ácido ascórbico e sulfato de sódio) aplicados ocupando o trigésimo sétimo lugar como melhor posição. O que se explica pelo fato desses tratamentos não conseguirem inibir a ação das enzimas e o abacate ter uma faixa de pH ótima para ação destas, na faixa de 7 o que é considerado positivo para as enzimas agirem. DAIUTO & VIEITES (2008) ao observarem a atividade das enzimas polifenoxidase e peroxidase em abacates da variedade “Hass”, verdes e amadurecidos submetidos ao tratamento térmico, verificaram que os frutos verdes tratados foram os que apresentaram menor atividade, e os amadurecidos apresentaram valores elevados para esta enzima. LUIZ (2007), ao aplicar o branqueamento em espécies de abacates, comprovou que ainda que a peroxidase se apresente menos estável nas frutas, é difícil sua inativação.

Os outros dois tratamentos à base de ácido ascórbico e sulfato de sódio, não obtiveram êxito satisfatório em nenhuma das frutas, pelo método descrito pelo knn, ou seja, as concentrações e tempo determinado não evitaram o escurecimento destas, o que pode ser explicado pela taxa de pH ser favorável a propagação das enzimas de escurecimento, as quais os tratamentos não foram capazes de inibir.

A Figura 1 apresenta a seleção e classificação dos tratamentos para maçã, banana e abacate, definidos pela inteligência artificial.

Figura 1. Seleção e classificação dos tratamentos para maçã, banana e abacate



A Figura 1, confirma os dados obtidos na Tabela 1, o qual mostra a distância euclidiana. Observa-se, que o tratamento que apresentou a menor distância euclidiana foi a amostra um no gráfico, que corresponde ao branqueamento na maçã por imersão, no tempo de 1 minuto, seguido da amostra corresponde a barra três e cinco, que apresentaram a menor distância euclidiana. Desse modo, pode-se observar que não é necessário realizar um tratamento com maior custo para obtenção de um produto de qualidade, fato este importante para as indústrias de alimentos, que vão necessitar de menor investimento para conservação das frutas, obtendo produtos de qualidade, com baixo custo.

Observa-se que o algoritmo KNN foi capaz de classificar e determinar o melhor tratamento para as frutas, mostrando o melhor tratamento para conservação.

As figuras 2 e 3 abaixo apresentam os resultados para a análise de acidez e pH controle, refrigerado e congelado nas três frutas, onde a disposição dos pontos demonstra que quanto mais próximo, menor a distância euclidiana e melhores os resultados, o que pôde ser comprovado para a maçã.

Figura 2: Distancia euclidiana por meio do KNN para o parâmetro acidez para as três frutas

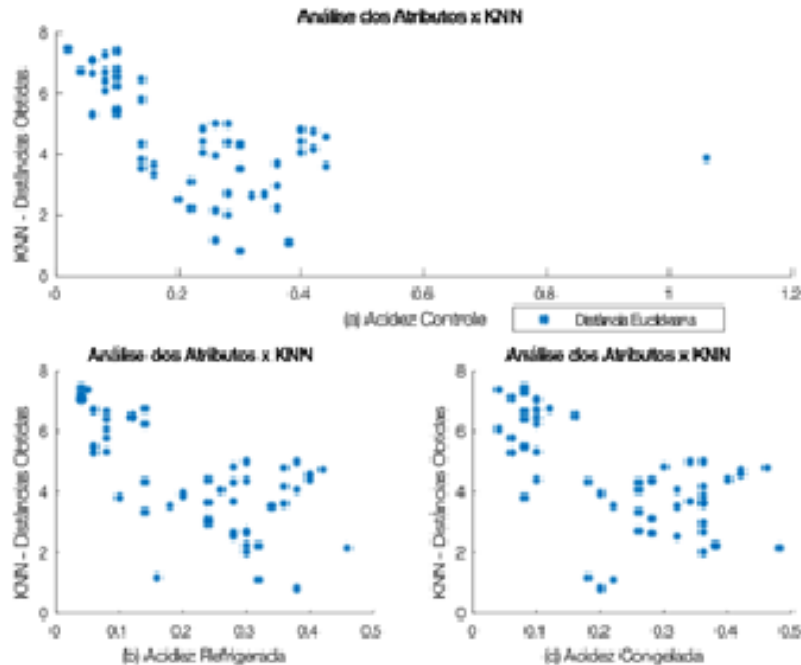
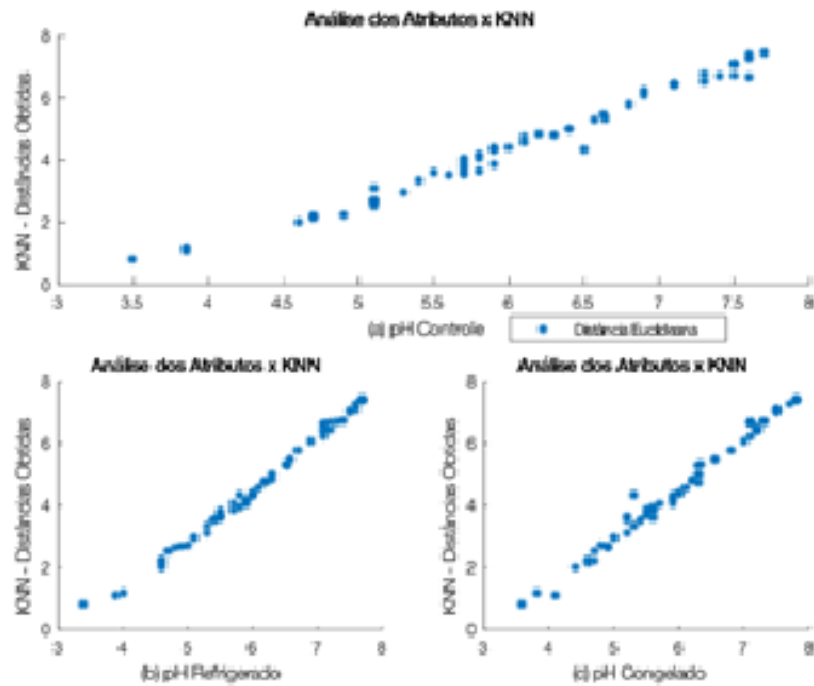


Figura 3: Distancia euclidiana por meio do KNN para o parâmetro pH para as três frutas



Quanto maior a acidez, melhores são os resultados para conservação das frutas do presente estudo. Verifica-se que o tratamento referente a acidez controle não teve influência nos resultados. No entanto, ao observar refrigerado e congelado, apresentam os melhores resultados a partir do valor de 0.2 de acidez mmkoh/ml, indicando que quanto maior a acidez melhor será a amostra.

A figura acima apresenta os valores de pH versus o KNN na amostra controle, refrigerada e congelada respectivamente. Observa-se que quanto menor o pH, melhor é o branqueamento, conseqüente ocorrerá menor escurecimento da fruta e maior conservação, demonstrado pelos menores valores da distância euclidiana. Este fato é de suma importância, pois, quanto menor o pH, menor será a ação enzimática e conseqüente ocorrerá menor escurecimento da fruta e maior conservação.

4 CONCLUSÃO

O branqueamento na maçã apresentou a melhor posição no ranking, sendo classificado como o melhor tratamento dentre os experimentos, pois ficou mais próximo dos valores de pH e acidez ideal, definido pelo algoritmo dos K-vizinhos e apresentou

menor nível de escurecimento. O knn mostrou-se uma ferramenta confiável para classificar e selecionar o melhor tratamento.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13526: Teste de comparação múltipla em análise sensorial de alimentos e bebidas. Rio de Janeiro, 1995. 323p.

ALCANTARA, A.L.D. E SANTOS, G. E VINICIUS. Operações na Indústria de Alimentos: branqueamento e extrusão, 2014, 54f. (Trabalho de Conclusão de Curso) Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

CLERICI, M.T.P.S.; SEBASTIÃO, R. H.; OLIVEIRA, L.C.; SANTOS, M.S.; MORAES, A.N.L.; CLARETO, S.S. Escurecimento Enzimático: uma aula prática. **Revista de Ensino de Bioquímica**, v.2, n.2, p. 71-90, 2014. <https://doi.org/10.16923/reb.v12i2.275>

COSTA, A. S. Determinação da atividade enzimática e antioxidante de variedades comerciais de *Ananas comosus* e avaliação do efeito de tratamento térmico e do uso de aditivos químicos. 2011. 75f. Dissertação.

DAIUTO, E. R.; VIEITES, R. L. Atividade da peroxidase e polifenoloxidase em abacate da variedade Hass. Submetidos ao tratamento térmico. **Revista Ibero americana Tecnologia Postcosecha**, v.9, n.2, p. 106-112, 2008. <https://www.redalyc.org/html/813/81315076003/>

FONTES, L.C.B.; SIVI, T.C.; RAMOS, K.K.; QUEIROZ, F.P.C. Efeitos de antioxidantes na prevenção do escurecimento enzimático de batata-doce (*Lipamoea Batatas*) e inhame (*Dioscorea SSP*). **Ci. Agr. Eng.**, v.15, n.3, p. 167-174, 2009. <http://dx.doi.org/10.5212/publicatio.v15i3.967>

FREITAS, A., et al. Atividades das enzimas peroxidase (POD) e polifenoloxidase (PPO) nas uvas das cultivares benitaka e rubi e em seus sucos e geleias. **Ciência e tecnologia de alimentos**, v.28, n.1, p.172-177, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612008000100025>

HAMINIUK, C.W.I.; OLIVEIRA, C.R.G.; BAGGIO, E.C.R.; MASSON, M.L. Efeito de Pré – Tratamento no escurecimento das cultivares de Maçã fugi e gala após o congelamento. **Cien. Agrotec. Lavras**, v. 29, n. 5, p 1029-1033, 2005. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542005000500017>

LUÍZ, R. C.; HIRATA, T. A. M.; CLEMENTE, E. Cinética de inativação da polifenoloxidase e peroxidase de abacate (*Persea americana* Mill). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 6, p. 1766-1773, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542007000600025>

MELO, E. A. et al. Capacidade antioxidante de frutas. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v.44, n.2, p.193-201, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-93322008000200005>

MELO, M. A. Aplicação de Métodos de Inativação e Inibição Enzimática em Frutas e Hortaliças. 2015, 42f. TCC (Trabalho de Conclusão de Curso) Universidade Estadual da Paraíba.

REIS, C.M.F.; VILAS BOAS, E.V. DE B.; BOARI, C.A.; PÍCCOLI, R.H. Qualidade e vida de prateleira de banana prata minimamente processada. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 3, p. 702-708, 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542004000300029>

SANTIAGO, A.M. Apostila do curso de Tecnologia de Alimentos. Campina Grande: UEPB, 2008.