

EFEECTO DE LA GERMINACIÓN SOBRE EL CONTENIDO DE HIERRO Y CALCIO EN AMARANTO, QUINUA, GUANDUL Y SOYA

GERMINATION EFFECT ON IRON AND CALCIUM CONTENT IN AMARANTH, QUINOA, PIGEON PEA AND SOYBEAN

EFEITO DA GERMINAÇÃO SOBRE CONTEUDO DA FERRO E CÁLCIO PRESENTES EM QUINOA, AMARANTO, GUANDU E SOJA

DIANA C. CHAPARRO¹, REMIGIO Y. PISMAG², ANA DE DIOS ELIZALDE C.³

PALABRAS CLAVE:

Germinación, Calcio, Hierro, Amaranth, Quinoa, Soya, Guandul.

KEY WORDS:

Germination, Calcium, Iron, Amaranth, Quinoa, Soybean, Pigeon Pea.

PALAVRAS-CHAVE:

Germinação, Cálcio, Ferro, Amaranth, Quinoa, Soja, Guandu.

RESUMEN

*Se evaluaron los cambios en la cantidad de hierro y calcio durante el proceso germinativo en semillas de amaranto (*Amaranthus sp*), quinua (*Chenopodium quinoa*), guandul (*Cajanus cajan*) y soya (*Glycine max y*). Se utilizaron semillas producidas por agricultores del departamento del Cauca; las cuatro especies fueron seleccionadas para asegurar un grado óptimo en su calidad física y un porcentaje de germinación mayor al 90 %. Inicialmente se estandarizó el método para la obtención de semillas germinadas, mediante la definición de variables como uso o no de desinfectante, tipo de sustrato, tiempo de germinación y temperatura de germinación. Para el desarrollo del estudio se aplicó un diseño de bloques completos al azar con tres réplicas por día de germinación (días cero, uno, dos y tres); para cuantificación de hierro y calcio se utilizó absorción atómica. Los resultados encontrados permiten concluir que la germinación indujo cambios en la disponibilidad de hierro y calcio de forma particular en la semilla de cada especie; el hierro disponible, en semillas de amaranto soya y quinua, tendió a disminuir a medida que avanzó el proceso de germinación; sin embargo, la germinación no afectó significativamente el contenido de hierro en semillas de amaranto y guandul. El calcio disponible se incrementó significativamente en semillas de amaranto y quinua a partir del segundo día de germinación, la germinación generó un incremento porcentual, en el contenido de calcio, de 169.1% en amaranto y de 24.75% en quinua, mientras que en guandul y soya el calcio disponible disminuyó con la germinación.*

Recibido para evaluación: 7 de Noviembre de 2010. **Aprobado para publicación:** 23 de marzo de 2011.

1 Ingeniera Agroindustrial Universidad del Cauca

2 Ingeniero Agroindustrial Universidad del Cauca

3 M.Sc. Ciencias de los Alimentos y Nutrición, Docente Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Popayán- Colombia.

Correspondencia: aelizalde@unicauca.edu.co

ABSTRACT

*Changes on iron and calcium quantity were evaluated during the germination process of amaranth (*Amaranthus sp.*), quinoa (*Chenopodium quinoa*), pigeon pea (*Cajanus cajan*) and soybean (*Glycine max*) seeds. Seeds produced by farmers in the department of Cauca were used; the four species were selected being sure about their physical quality and a germination percentage higher than 90 %. Initially the germinated seed obtaining method was standardized by variables definition such as the use or not of disinfectant, type of substrate, germination time and germination temperature. During the research development a randomly complete block design with three replicates for germination day (day zero, one, two and three) was applied; in order to quantify the iron and calcium content atomic absorption was used. With the found results it is possible to conclude that particular changes in the iron and calcium availability for seeds of each species were induced by germination; in amaranth, soybean and quinoa seeds the available iron tended to diminish as germination process advanced; nevertheless, germination did not significantly affect the iron content in amaranth and pigeon pea seeds. Available calcium was significantly increased in amaranth and quinoa seeds starting from the second day of germination; a percentage increase in calcium content was generated by germination in the order of 169.1% in amaranth and 24.75% in quinoa, whereas in pigeon pea and soybean the available calcium content diminished with germination.*

RESUMO

*Foram avaliadas as alterações na quantidade disponível de ferro e cálcio durante o processo de germinação das sementes de amaranto (*Amaranthus sp.*), quinoa (*Chenopodium quinoa*), quandu (*Cajanus cajan*) e soja (*Glycine max y*). Empregaram-se sementes produzidas por agricultores da região; as quatro espécies foram selecionadas para assegurar um ótimo grau de qualidade e uma taxa de germinação acima de 90%. Inicialmente se fez um método padronizado para a obtenção de sementes germinadas, através da definição de variáveis como o uso ou o não de desinfetante, tipo de substrato, tempo de germinação e temperatura de germinação. Para desenvolver o estudo realizado se aplicou um design em blocos casualizados com três repetições por dia de germinação (dias zero, um, dois e três), para a quantificação de ferro e cálcio, foi usada absorção atômica. Os resultados achados permitem concluir que a germinação induziu mudanças na disponibilidade de ferro e cálcio de uma maneira específica em cada tipo de semente; o ferro disponível em sementes de soja, amaranto e quinoa, diminuía na medida em que avançava o processo de germinação; embora, a germinação não afetou significativamente o teor de ferro em sementes de amaranto e quandu. O cálcio disponível aumentou significativamente em sementes de amaranto e quino a partir do segundo dia de germinação, a germinação gerou um aumento paralelo no conteúdo de cálcio de 169,1% em amaranto e de 24,75% em quinoa, enquanto que no quandu e na soja o cálcio disponível diminuiu com a germinação.*

INTRODUCCIÓN

Insuficiente consumo de minerales durante la infancia, es la causa de muchas enfermedades que afectan directamente la salud, no solo en la infancia sino que también traen efectos adversos en la salud del adulto. Anemia osteoporosis, raquitismo y enfermedades del tipo inmune, son causadas por deficiencias de hierro, calcio y zinc [1].

La Encuesta Nacional de la Situación Nutricional en Colombia [2], reporta que el departamento del Cauca posee un índice de desnutrición crónica infantil de

24,5 %, valor superior al promedio nacional, el cual es del 13,6 %. Este problema se extiende a madres gestantes y lactantes; las cuales presenta problemas de malnutrición, deficiencias proteico-calóricas y de micronutrientes básicos como el calcio, hierro, ácido fólico y vitamina A.

En coherencia con los anteriores planteamientos, la presente investigación estuvo encaminada a estudiar el efecto de la germinación sobre el contenido de hierro y calcio, en semillas de amaranto (*Amaranthus sp.*), quinoa (*Chenopodium quinoa*), quandul (*Cajanus cajan*)

y soya (*Glycine max*), con el propósito de proponer el uso de semillas germinadas en la elaboración y preparación de menús y productos de consumo masivo, con destino a restaurantes escolares y hospitales, para contribuir a la disminución de los índices reportados con respecto a la deficiencia de hierro y calcio. Tanto el guandul como quinua y el amaranto, son especies muy cultivadas en el departamento del Cauca - Colombia y son ampliamente reconocidas por su excelente valor nutricional. Igualmente, la soya es una leguminosa usada como componente importante de la dieta en restaurantes escolares e institucionales por ser una leguminosa de alta concentración proteica.

Según algunos autores [3, 4, 5, 6, 7, 8], los germinados proveen múltiples beneficios nutricionales y terapéuticos a quienes los consumen ya que las vitaminas, minerales, proteínas, carbohidratos, ácidos grasos y enzimas se encuentran más disponibles, combinando su consumo con una dieta balanceada ayudan a prevenir o mejorar diversas condiciones en la salud humana; los germinados son una alternativa alimenticia que contribuye con la disminución de la desnutrición en infantes, madres gestantes y madres lactantes.

Los germinados se consideran alimentos funcionales por ser alimentos predigeridos que facilitan su asimilación y aprovechamiento de nutrientes en el organismo; con la germinación se incrementa el contenido de antioxidantes y además se obtienen alimentos organolépticamente agradables; proporcionan cantidades importantes de fibra [6, 7, 8]. Su consumo actúa sobre el metabolismo humano, conduciendo a una regeneración del torrente sanguíneo y de los procesos digestivos, debido a su alta concentración enzimática, por ser alimentos vivos que, como tales, contienen enzimas activas [9,10].

MÉTODO

Semillas.

Se utilizaron 12 kg de semilla por especie: amaranto (*Amaranthus* sp.), quinua (*Chenopodium quinoa*), soya (*Glycine max*) y guandul (*Cajanus cajan*); semillas de producción regional, suministradas por agricultores rurales del departamento del Cauca; las semillas de las cuatro especies fueron seleccionadas para asegurar un

porcentaje de germinación mayor del 90 % y un grado ótimo en su calidad física. Para determinar porcentaje de germinación y grado de calidad se aplicó la metodología descrita por Elizalde A. [11], y las Normas Técnicas Colombianas: NTC 604 , trigo para consumo adaptada para amaranto [12], NTC 484, 1129 soya [13, 14], NTC 871 frijol adaptada para guandul [15] y la norma ITINTEC 205.024 para quinua [16].

Inicialmente, fue necesario estandarizar el método más apropiado para la germinación de las semillas objeto de estudio; para ello se evaluaron los métodos para la producción de germinados propuestos por algunos autores [9,10], de tal forma que permitiera la estandarización de un proceso práctico, un método de fácil aplicación y a bajos costos, accesible para ser utilizado por familias, instituciones y comunidades de los diferentes estratos sociales.

Durante el proceso de germinación se proporcionó a las semillas las condiciones adecuadas para la germinación y se controlaron las variables que tienen mayor influencia dentro del proceso (humedad y temperatura de germinación), además se realizó un seguimiento en las diferentes etapas del proceso germinativo deteniendo el desarrollo de la germinación a diferentes tiempos para la obtención de muestras y valorar en estas los contenidos de hierro y calcio.

Diseño experimental

Una vez validado el método más apropiado para la producción de semillas germinadas; se aplicó un diseño de bloques completos al azar incluyendo tres replicas por día de germinación (días cero, uno, dos y tres); se usaron 500 gramos de semilla seca (humedad base, 12%) por replica, utilizando un total de 6000 g de semilla por cada especie objeto de investigación (soya, guandul, quinua y amaranto), la distribución de cada uno de los tratamientos y sus respectivas repeticiones se localizaron completamente al azar dentro de un estante diseñado para el desarrollo de la investigación, conformado por una estructura en PVC dotado de bandejas plásticas de 55 cm de largo por 29 cm de ancho (Ref.A-BB01) sobre las cuales fueron colocadas las semillas; el estante fue situado al interior de un cuarto, en condiciones de oscuridad total, con una humedad relativa que osciló entre 55 % - 83 % y con una temperatura entre 19 °C - 28 °C.

Para cada especie, se tomó como día cero las semillas secas sin germinar; como día uno de la germinación a las 48 horas después del remojo, cuando las semillas presentaron un porcentaje de germinación superior al 70 %, día dos a las siguientes 24 horas cuando las semillas presentaron un porcentaje de germinación entre el 80 y el 90 % y el día tres cuando se registró un porcentaje de germinación superior al 90 %.

Adecuación de las semillas

Previo al montaje, cada submuestra fue lavada en agua potable y posteriormente puesta en remojo (1500 mL de agua potable por 500 g de semilla), por un tiempo y a una temperatura específica a cada semilla como se muestra en el Cuadro 1. Luego del remojo, las semillas fueron lavadas con agua potable y escurridas, para ser ubicadas sobre bandejas plásticas acanaladas, previamente limpias y desinfectadas.

Durante la fase de germinación, se practico humectación de las semillas conforme al requerimiento particular de cada especie, según se indica en el Cuadro 2.

Cumplido el tiempo planeado, de acuerdo con el diseño experimental (día uno, dos y tres de postemergencia), se detuvo el proceso y se procedió a deshidratar las semillas hasta una humedad final del 12 %, para ello se utilizó un deshidratador COMEK estabilizado a una temperatura de $37 \pm 0,5$ °C; las muestras secas se empacaron al vacío en bolsas de polietileno de alta densidad recubiertas con bolsas de papel kraft, posteriormente se determinó el contenido de hierro y calcio.

Determinación de hierro y calcio

Para la determinación del contenido de hierro y calcio se utilizó el método de absorción atómica por la técnica

Cuadro 1. Tiempo y temperatura de remojo

Semilla	Tiempo total de remojo	Temperatura del agua de remojo (°C)	Frecuencia de recambio del agua de remojo
Amaranto	25 minutos	18	Sin cambio
Quinua	6 horas	30	3 horas
Soya	5 horas	30 - 34	2,5 horas
Guandul	48 horas	34	8 horas

Cuadro 2. Manejo de semillas durante el tiempo de germinación

Semilla	Método utilizado	Temperatura agua, para humectación y lavado de semillas (°C)
Amaranto	Lavado por inmersión de semillas en agua potable y aspersion de agua potable cada 6 horas.	18 – 22
Quinua	Lavado por inmersión en agua potable hasta el día uno postemergencia y aspersion de agua potable a partir del día dos postemergencia, cada 12 horas.	30
Soya	Lavado por inmersión en agua potable cada 24 horas.	30 – 34
Guandul	Lavado por inmersión en agua potable cada 12 horas.	34

de llama, utilizando los métodos 968.08 y 965.09 AOAC [17], utilizando un espectrofotómetro de absorción atómica Perkin Elmer Aanalyst 400.

Método estadístico.

El estudio estadístico se realizó mediante el análisis de varianza de una vía "ANOVA", para las variables de disponibilidad de hierro y disponibilidad de calcio. Las medias de los diferentes tratamientos fueron comparadas por el método de los rangos múltiples de Duncan. El nivel de significancia fijado para estos análisis fue del 5 %. Además estos métodos estadísticos fueron modelados en el programa SPSS Versión 11.5.

RESULTADOS

Hierro Disponible.

Los resultados del contenido de hierro (mg del mineral por cada 100 g de muestra), en los diferentes momentos del proceso germinativo de cada una de las especies se muestran en el Cuadro 3.

La concentración de hierro presente en el amaranto, a lo largo de los diferentes estadios de germinación

oscilo desde 43,20%, para semillas sin germinar hasta 29,99%, para semillas en el tercer día de germinación; siendo superior el contenido de hierro en amaranto, con respecto al contenido encontrado en las demás especies estudiadas.

De acuerdo con los resultados reportados en el cuadro 3, la germinación no afectó de forma significativa el contenido de hierro en las semillas de amaranto y guandul; sin embargo, en amaranto la concentración de hierro tiende a disminuir con el tiempo de germinación mientras que en el guandul la concentración de hierro no presenta variaciones importantes durante la germinación. En quinua el contenido de hierro disminuyó significativamente en el día tres de la germinación con respecto al día uno, registrándose la mayor concentración de hierro en el día uno de la germinación; durante los días cero, dos, tres de la germinación no se encontraron diferencias significativas en la concentración de hierro. En soya, en el contenido de hierro en semillas con uno y dos días de germinación disminuyó significativamente ($P \leq 0,05$) con respecto al hierro contenido en semillas sin germinar, en el día tres de la germinación la concentración de este mineral tendió a incrementarse, siendo estadísticamente igual con la concentración encontrada para el día uno.

Los resultados encontrados, demuestran que el contenido de hierro disponible, en semillas de amaranto, soya y quinua, tiende a disminuir a medida que avanza el proceso de germinación; lo anterior demuestra que el proceso germinativo bajo las condiciones de la presente investigación, afectó negativamente el contenido de hierro disponible en estas semillas.

La tendencia a la disminución de algunos minerales durante la germinación, tal como lo que ocurrió con el contenido de hierro en las semillas de amaranto, soya

y quinua, durante el desarrollo germinativo de esta investigación, concuerda con los resultados obtenidos en otras investigaciones; Donangelo y col. [18], en su investigación sobre el efecto de la germinación sobre composición química de leguminosas, encontraron que la concentración de minerales presentaba diferencias con respecto al tiempo de germinación, tipo de mineral y tipo de semilla: en lupino observaron un incremento del contenido de calcio, hierro y fósforo, pero registraron una disminución en el contenido de cobre y manganeso; en soya encontraron incrementos en el contenido de calcio y fósforo y disminución en el contenido de hierro, cobre, manganeso y zinc. Sangronis y Machado [6] investigando el efecto de la germinación en frijoles blancos, negros y guandul encontraron que el contenido de magnesio y hierro disminuía con el proceso de germinación; Oloyo [19], igualmente encontró que el contenido de hierro en semillas de guandul disminuía a lo largo del proceso germinativo.

La disminución en el contenido de hierro en semillas de amaranto y de soya, tal como lo afirma puede atribuirse a la formación de compuestos nitrogenados, ya que la enzima nitrogenasa, responsable de la reducción de nitrógeno y por tanto en la formación de compuestos nitrogenados, está formada principalmente por hierro Wild y Russel [20]. Algunos autores han demostrado que con la germinación de las semillas se incrementa el contenido de proteína [21,22]

Para el caso de las semillas de quinua, el incremento inicial del contenido de hierro pudo deberse a la posible disociación de su complejo con el ácido fítico [21, 23]; la disponibilidad de hierro en las semillas de quinua, pudo ser un antecedente para la formación de clorofila, evidente en algunas etapas del proceso germinativo, en donde se observó algo de coloración verde durante el desarrollo del germinado. Mientras que la disminución

Cuadro 3. Contenido de hierro (mg / 100 g) en semillas de amaranto, quinua, soya y guandul, en diferentes estados de germinación.

Tiempo de germinación (días)	Amaranto (<i>Amaranthus sp.</i>)	Quinua (<i>Chenopodium quinoa w.</i>)	Soya (<i>Glycine max</i>)	Guandul (<i>Cajanus cajan</i>)
0	43,20 ± 10,66 ^a	6,84 ± 0,32 ^{ab}	8,20 ± 0,11 ^b	5,59 ± 0,90 ^a
1	32,25 ± 1,49 ^a	7,62 ± 1,67 ^a	6,40 ± 0,01 ^a	4,94 ± 0,52 ^a
2	30,98 ± 3,79 ^a	6,00 ± 0,21 ^{ab}	5,90 ± 0,35 ^a	5,40 ± 1,19 ^a
3	29,99 ± 9,69 ^a	5,23 ± 0,81 ^b	6,96 ± 1,43 ^{ab}	5,06 ± 0,87 ^a

Número de réplicas = 3. Valores expresados como media ± desviación estándar. Letras diferentes en la misma columna, para la misma especie, indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$)

hacia el final del proceso germinativo (día tres), pudo deberse a las pérdidas por lavado y la hidratación constante de las semillas; según Sangronis y Machado [6] y Donangelo y col. [18], el constante remojo e hidratación es el factor de mayor influencia en las pérdidas de este mineral.

Si bien en la presente investigación, no se registró un incremento del contenido de hierro en semillas con la germinación, algunos investigadores [21, 23, 24, 25, 26], han demostrado que las el proceso de germinación incrementa la biodisponibilidad del hierro y otros minerales en semillas.

Calcio disponible.

Tal como lo indican los resultados presentados en el cuadro 4, el proceso de germinación genero cambios significativos ($P \leq 0,05$) en el contenido de calcio en las semillas de amaranto quinua y guandul. En amaranto y quinua, el contenido de calcio se incrementó significativamente a partir del segundo día de germinación; en amaranto, el contenido de calcio se incrementó en 169%, siendo significativamente mayor la concentración de calcio en el día tres de la germinación con respecto a los días cero uno y dos; en quinua se registró un incremento del 24.75% en el contenido de calcio en el tercer día de germinación, no se encontró diferencia significativa en el contenido de calcio entre el segundo y tercer día de germinación, pero sí entre estos con respecto a los días uno y cero de la germinación

El contenido de calcio en soya disminuyó secuencialmente con el tiempo de germinación, sin encontrarse diferencias significativas en el contenido de calcio a lo largo del proceso; sin embargo, en semillas de guandul el proceso de germinación generó cambios significativos en el contenido de calcio: se encontraron

incrementos significativos en los días uno y dos con respecto al día cero, y un descenso sustancial en el día tres de la germinación con respecto a los demás días; en el día uno se observó un incremento en el contenido de calcio de 54,95 % con respecto al día cero y el día tres un descenso de 32,43 %.

Los resultados encontrados en la presente investigación, con respecto al incremento, generado por la germinación, en el contenido calcio en semillas de amaranto, quinua y guandul, son coherentes con los hallazgos registrados en otras investigaciones, en las cuales se concluye que la germinación incrementa el contenido de minerales vitaminas y proteínas en semillas: Oloyo [19], observa incremento del contenido de hierro, calcio y otros minerales en semillas de guandul, en un periodo de germinación de cinco días; Sripriya y col. [27], germinando mijo africano durante 24 horas, registraron un incremento en el contenido de minerales como calcio, hierro y fósforo, con respecto al contenido de estos minerales en las semillas sin germinar.

Sin embargo, la tendencia a la disminución de algunos minerales durante la germinación, tal como lo encontrado para el contenido de calcio en las semillas de soya y guandul, también se ve apoyado por los resultados obtenidos en otras investigaciones como la realizada por Kumar y col. [28], quines observaron un detrimento significativo del contenido de calcio disponible, un 36 %, en germinados de *Phaseolus aureus*, *Vigna sinensis* y *Cajanus arietum*.

Según Duffus y Slaughter [29], muchos de los minerales presentes en las semillas se encuentran formando complejos con el ácido fítico, lo que hace imposible su lectura por el método de absorción atómica sin una predigestión de la muestra con óxido de lantano. Una de las razones por la cual el calcio pudo estar más

Cuadro 4. Contenido de calcio (mg / 100 g) en semillas de amaranto, quinua, soya y guandul, en diferentes estados de germinación.

Tiempo de germinación (días)	Amaranto (<i>Amaranthus sp.</i>)	Quinua (<i>Chenopodium quinoa w.</i>)	Soya (<i>Glycine max</i>)	Guandul (<i>Cajanus cajan</i>)
0	133,05 ± 41,05 ^a	57,21 ± 2,01 ^a	241,37 ± 17,94 ^a	159,81 ± 3,92 ^a
1	92,78 ± 12,60 ^a	57,21 ± 4,61 ^a	229,76 ± 1,16 ^a	247,63 ± 32,09 ^b
2	254,47 ± 29,45 ^b	68,27 ± 8,13 ^b	227,85 ± 18,05 ^a	203,02 ± 34,82 ^{ab}
3	358,01 ± 0,90 ^c	71,37 ± 2,57 ^b	211,98 ± 20,93 ^a	107,98 ± 16,94 ^c

Número de réplicas = 3. Valores expresados como media ± desviación estándar. Letras diferentes en la misma columna, para la misma especie, indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$)

disponible en semillas de quinua y amaranto durante el proceso germinativo, y el día uno de la germinación en semillas de guandul, es consecuencia de la hidrólisis del complejo ácido fítico - calcio, debido a la acción de fitasas durante la germinación de las semillas.

El contenido de calcio (disponible) en las semillas de soya y guandul disminuyó con la germinación. De acuerdo con la información de Wild y Russel [20] y Monge y col. [30], puede inferirse que este cambio se debió a que durante la germinación las semillas de soya y guandul necesitaron nutrientes de reserva los cuales fueron tomados a partir de la proteína; para realizar esta proteólisis se requirieron enzimas; el calcio es esencial en la moderación de la actividad enzimática y es necesario para la formación de las enzimas que catalizan las reacciones de proteólisis; esta disminución no se presentó en las semillas de amaranto y quinua pues probablemente estos pseudocereales tomaron como nutrientes de reserva los carbohidratos y estos requieren para su lisis otro tipo de enzimas.

Finalmente puede inferirse que la disminución de calcio disponible, en las semillas de soya y guandul se debió probablemente al constante lavado y a la pérdida de este mineral por lixiviación, luego de haber sido liberado del complejo con el ácido fítico [31]. Igualmente, soportados en lo expuesto por Monje y col. [30] puede plantearse que la alta movilidad del calcio durante el proceso de germinación del guandul, pudo deberse a que este mineral participó como mediador en la síntesis de nuevas proteínas necesarias para crecimiento celular de las plantas debido a la formación de nuevas estructuras y que además fue utilizado para estimular la actividad enzimática durante la germinación.

CONCLUSIONES

La investigación permitió identificar al amaranto como una fuente importante de hierro y calcio, con una concentración de hierro cinco veces superior al contenido en las demás especies estudiadas, siendo por tanto, un alimento de gran utilidad para prevenir patologías asociadas con la falta de hierro y calcio como la anemia y osteoporosis respectivamente. Igualmente, se encontró que su gran potencial en el aporte de calcio se incrementa significativamente con la germinación.

El contenido de hierro disponible, en semillas de amaranto, soya y quinua, tiende a disminuir a medida que avanza el proceso de germinación; lo anterior demuestra que la germinación, bajo las condiciones de la presente investigación, afectó negativamente el contenido de hierro disponible en estas semillas; sin embargo la germinación no afectó el contenido de hierro en semillas de guandul.

La germinación incrementó significativamente el contenido de calcio en semillas de amaranto y quinua a partir del segundo día de germinación, la germinación generó un incremento porcentual el contenido de calcio, de 169.1 en amaranto y de 24.75 en quinua. Sin embargo, el contenido de calcio en soya disminuyó secuencialmente con el tiempo de germinación, sin encontrarse diferencias significativas en el contenido de calcio a lo largo del proceso; en semillas de guandul el proceso de germinación generó cambios significativos en el contenido de calcio, en el día uno se observó un incremento en el contenido de calcio de 54,95 % con respecto al día cero y el día tres un descenso de 32,43 %.

La investigación aporta datos científicos sobre el contenido de hierro y calcio de especies promisorias, amaranto, quinua y guandul, como también de soya, logrados a través del proceso de germinación de las semillas; con lo cual es posible el desarrollo de nuevos productos alimenticios de consumo masivo y alto valor nutricional.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad del Cauca, a la Gobernación del Cauca, a la Secretaría Departamental de Salud del Cauca.

REFERENCIAS

- [1] World Health Organization and Food and Agriculture Organization of the United Nations. Vitamin and mineral requirements in human nutrition. 2nd ed. (WHO/FAO), Geneve. 2004. p. 258.
- [2] Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, ICBF. Encuesta Nacional de la Situación Nutricional en Colombia, 2005. Bogotá: oficina de Comunicaciones y atención al ciudadano, 2006. p.245, 303, 323.

- [3] MAZZA, G. Alimentos funcionales: aspectos bioquímicos y de procesado. Zaragoza: Acribia; 2000. p. 292-307
- [4] SOLEIL, D. R. Brotes y germinados caseros. 3 ed. Barcelona, España: ediciones Obelisco. 2.003. 125 p. ISBN: 84 - 7720 - 370 - 9.
- [5] URBANO, G., et.al. Effects of germination on the composition and nutritive value of proteins in *Pisum sativum*, L. Food Chem. Vol.93, (2.005); p. 671 - 679.
- [6] SANGRONIS, E. and MACHADO, C. Influence of germination on the nutritional quality of *Phaseolus vulgaris* and *Cajanus cajan*. Sci Dir: LWT 2007. 40:116-120.
- [7] DÁVILA, M. A., SANGRONIS, E. y GRANITO, M. Leguminosas germinadas o fermentadas: alimentos o ingredientes de alimentos funcionales. ALAN - Archivos latinoamericanos de nutrición: Órgano oficial de la sociedad latinoamericana de nutrición, 2003. 53 (no. 4): 348 - 354.
- [8] KHALIL, A. A. et.al. Production of functional protein hydrolysates from Egyptian breeds of soybean and lupin seeds. African Journal of Biotechnology, 2006. 5 (no. 10):907 - 916.
- [9] RIVIÉRE, J. La alimentación viviente: una huerta en su hogar. Bogotá: D´Solaroma; s.f., 108 p.
- [10] HOYOS, L. Los germinados: comida viva, fuente de vida, belleza y longevidad feliz. Bogotá: Grupo empresarial naturaleza y vida; s.f., 87 p.
- [11] ELIZALDE, C. A. Manual de prácticas: Tecnología de granos y semillas. Popayán, Colombia: Universidad del Cauca, Facultad de ciencias agropecuarias, s.f. 102 p. ISBN 958 - 9475 - 58 - 2.
- [12] INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Trigo para consumo. NTC 604. Bogotá D.C. El Instituto, 1975. 5 p.
- [13] _____. Soya para consumo. NTC 484. Bogotá D.C. El Instituto, 1969. 3 p.
- [14] _____. Soya para consumo: métodos de ensayo. NTC 1129 Bogotá D.C. El Instituto, 1975. 3 p.
- [15] _____. Fríjol para consumo. NTC 871 Bogotá D.C. El Instituto, 2006. 5 p.
- [16] INSTITUTO TECNOLÓGICO INDUSTRIAL Y DE NORMAS TÉCNICAS. Especificaciones técnicas: Quinoa entera limpia. Lima, Peru: ITINTEC; 1992
- [17] AOAC Official Method of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists 18th ed. 2005. Washington D.C.
- [18] DONANGELO, M., TRUGO, L., TRUGO, N. and EGGUM, B. Effect of germination of legume seeds on chemical composition and on protein and energy utilization in rats. F. chem.,1995. 53:23-7.
- [19] OLOYO, R. A. Chemical and nutritional quality changes in germinating seeds of *Cajanus cajan* L. Sci Dir: F Chem., 2004. 85:497-502.
- [20] WILD, A. y RUSSEL, E. Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas. Madrid: Munndi Prensa Libros, 2000. p. 95-135
- [21] REIHANEH Ahmadzadeh G., PRAKASH Jamuna. The impact of germination and dehulling on nutrients, antinutrients, in vitro iron and calcium bioavailability and in vitro starch and protein digestibility of some legume seeds. Food Science and Technology.,2007. Vol. 40 (no.7): 1292-1299
- [22] CHAPARRO Diana C., PISMAG, Remigio Y., ELIZALDE C. Ana de Dios, VIVAS Nelson, ERAZO C. Carlos A. Efecto de la germinación sobre el contenido y digestibilidad de proteína en semillas de amaranto, quinua, soya y guandul. Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial, 2010 Vol.8 (no.1): 35-42.
- [23] HURRELL Richard EGLI Inés. Iron bioavailability and dietary reference values. Am J Clin Nutr., 2010. Vol.91 (no.5): 1461S-1467S
- [24] GIBSON RS., YEUDALL F., DROST N., MTITIMUNI B. y CULLINAN T. Dietary interventions to prevent zinc deficiency . Am J of Clin Nutr., 1998. Vol. 68: 484S-487S
- [25] HOTZ Christine and GIBSON Rosalind S. Traditional Food-Processing and Preparation Practices to Enhance the Bioavailability of Micronutrients in Plant-Based Diets American Society for Nutrition J. Nutr., 2007. 137:1097-1100
- [26] LIPSKI Elizabeth. Traditional Non-Western Diets. Nutr Clin Pract., 2010 Vol.25 (no. 6): 585-593
- [27] SRIPRIYA, G., USHA, A. and CHANDRA, T. Changes in carbohydrate, free aminoacids, organic acids, phytate and HCl extractability of minerals during germination and fermentation of finger millet (*Eleusine coracana*). F chem.,1997. 58: 345 - 350.
- [28] KUMAR, K., VENKATARAMAN, L., JAYA, T. and KRISHNAMURTHY, K. Cooking of some germinated legumes; changes in phitins, Ca++ , Mg++ , y pectin's. J. F. Sci. 1978; 43:85 - 88. In: SANGRONIS, E. and MACHADO, C. Influence of germination on the nutritional quality of *Phaseolus vulgaris* and *Cajanus cajan*. Sci Dir: LWT, 2007. 40:116-120.
- [29] DUFFUS, C. y SLAUGHTER, C. La semilla y sus usos. A.G.T. Editor. (México): 1985. p. 131- 137

- [30] MONGE, E., VAL, J., SANZ, M., BLANCO, A. y MONTANÉS, L. El calcio nutriente para las plantas: Bitter pit en manzano [serial on the Internet]. 1994 [cited 2008 Jun 1]. Available from: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/4247/1/analesv.21n.3-1995-pp189.pdf>
- [31] URIYO, G. Changes in enzyme activities during germination of cowpeas (*Vigna unguiculata*, cv. California blacheye). *F. chem.*, 2001. 73:7 – 10.