

RESONANCIA MAGNETICA (SCANNER- MRI) EN UVA DE MESA (*Vitis vinifera* L.) CV. THOMPSON SEEDLESS COMO POSIBLE METODO PARA EVALUAR CONDICION EN POSTCOSECHA.

CARLOS E. DEL SOLAR D¹.
 PROF. DR. ING. AGRONOMO P.U.C.
 CATEDRA DE VITICULTURA UDLA

PABLO IRARRAZAVAL M².
 PH.D. DIRECTOR DE DOCENCIA
 ESCUELA DE INGENIERIA P.U.C.

JOSE ANTONIO SOZA P¹.
 ING.AGRONOMO U.CH.
 PROF. COLABORADOR

<mailto:jasconsultant@manquehue.net>

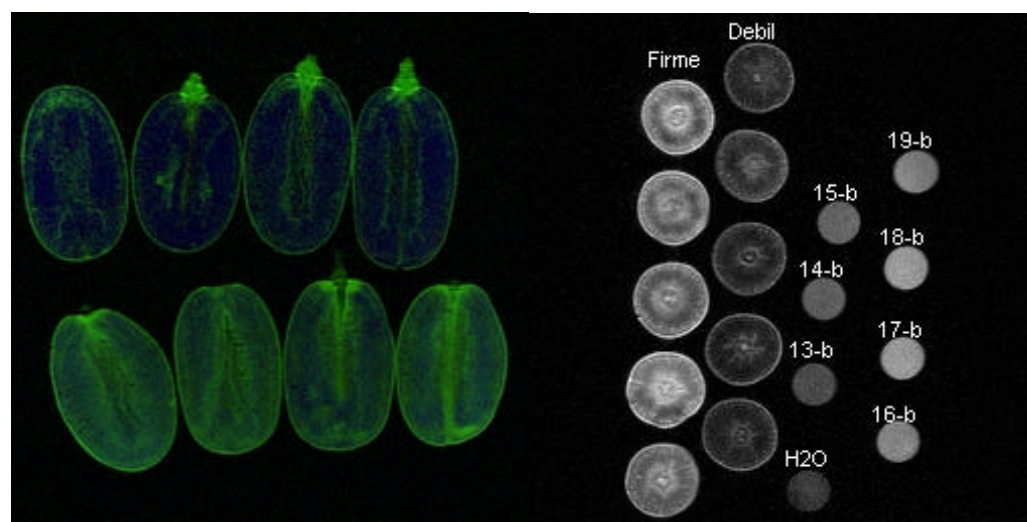
DAVID DEPALLENIS L¹.
 ING. AGRONOMO UDLA
 PROF. AYUDANTE
 JORGE ESQUIVEL M³.

LICENCIADO EN AGRONOMIA UDLA

¹ FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS CATEDRA DE VITICULTURA UNIVERSIDAD DE LAS AMERICAS, CHILE (UDLA).

² DEPARTAMENTO INGENIERIA ELECTRICA P.U.C. COLABORADORES MATIAS ROSENBLITT N. MAGISTER EN CIENCIAS DE LA INGENIERIA. JOSE LUIS ALBORNOZ R. LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA INGENIERIA.

³ TESIS DE GRADO DE LA CARRERA DE AGRONOMIA. UNIVERSIDAD DE LAS AMERICAS, CHILE (UDLA).



Resumen:

Los efectos de condición fueron evaluados en uvas firmes y débiles del cv. Thompson Seedless, en postcosecha, mediante el uso de Resonancia Magnética (RM).

La resonancia magnética es un fenómeno físico que ocurre al introducir un objeto en un fuerte campo magnético estático, llamado campo B_0 . Dentro de este campo magnético y gracias a un segundo campo magnético rotatorio, llamado campo B_1 , los átomos absorben energía que luego devuelven al medio en forma de una señal eléctrica. Si a este proceso se incluye un tercer campo dependiente de la posición, llamado campo de gradiente G , se genera una imagen de resonancia magnética (MRI). Las imágenes de resonancia magnética representan distintos parámetros propios del objeto analizado: ρ (la densidad de átomos), T_1 (el tiempo que toman los átomos en devolver la energía al medio), y T_2 (el tiempo que toman los átomos en perder la coherencia entre sí).

Ambos tipos de uvas fueron elegidas arbitrariamente al momento de ser cosechadas.

La uva débil fue escogida por observación visual (uva de un color verde cristalino o translúcido) y al tacto (poca resistencia o alta elasticidad). Además, se realizaron cortes transversales a nivel ecuatorial

de las bayas para observar la pulpa, ésta debía ser de carácter cristalina y brillante, con una marcada desorganización de los haces centrales.

La uva firme o normal fue escogida por observación visual (debía tener el color característico de la variedad), y por la apreciación de su firmeza al tacto.

Las imágenes y mediciones se realizaron con un Resonador Magnético GYROSCAN PHILIPS T5 – INTERA, con un campo principal de 0.5 T.

En una primera etapa se tomaron más de 80 imágenes con distintas secuencias tanto de racimos como de bayas individuales, los primeros experimentos consistieron en observar la morfología y anatomía de la baya a través de resonancia magnética. En estas imágenes se apreció una mayor organización en los haces vasculares centrales en varias imágenes de uvas firmes, pero no existe una diferencia de estructuras que permita descartar objetivamente entre ambos tipos de uva.

Además se realizaron una serie de experimentos:

1) se aplicaron distintos e iguales niveles de presión, con el objetivo de causar pequeñas lesiones en la estructura interna del fruto. La hipótesis fue que estas lesiones internas podían ser vistas usando resonancia magnética (RM) y que serían distintas en uvas firmes y débiles, pero no se observó una correlación entre las lesiones internas de éstas y la condición de la fruta.

2) se inyectó en las bayas en pequeña cantidad el contraste Omniscan, con la idea de que el medio de contraste cambiara los parámetros magnéticos de la uva y permitiera ver las estructuras internas en forma más clara. No se observaron diferencias, por lo que se desechó este tipo de experimentos.

3) se diseñó un método para medir la densidad basado en el volumen de bayas y racimos usando RM puesto que se presume que la fruta débil tendría más agua y por lo tanto menor densidad. Este proceso no es utilizado en ningún resonador, por lo que parte del proceso se realizó usando un PC con los datos adquiridos. De acuerdo a los resultados obtenidos se encontraron diferencias en la densidad entre uvas firmes y débiles, donde la densidad de las bayas firmes fue mayor que en las débiles. Sin embargo, el resultado de la aplicación de este método no es concluyente sobretodo si la densidad está relacionada directamente con el contenido de sólidos solubles en la uva, lo que no permite afirmar que la uva firme sería siempre más densa que la uva débil, sino que influiría el contenido de sólidos solubles en comparación a la condición de la uva. De todos modos no hay que descartar, de ninguna manera, la participación de la condición de la uva en los resultados obtenidos.

4) se midieron los parámetros **T1** o relajación longitudinal de los spins magnéticos, **T2** o relajación transversal y ρ o densidad de protones de hidrógeno. Estos parámetros dependen de muchos factores como la composición química, la cantidad de agua, de sólidos solubles, la distribución y cantidad de hidrógeno, y otros.

En relación a los datos obtenidos se comprobó que los valores están fuertemente influenciados por los ° brix o contenido de sólidos solubles de la uva. Además se observa que los valores de relajación longitudinal (T1) y relajación transversal (T2) de la uva firme son consistentemente menores que los de la uva débil. Estos valores entonces estarían siendo influenciados por ambos factores, por el contenido de sólidos solubles y por la condición de la uva.

Esta diferencia, sin embargo, va disminuyendo a través del tiempo, esto reafirma que el tiempo desde la cosecha y la forma en la que se ha conservado la fruta es otra variable muy importante que influye en los valores de los tiempos de relajación, lo que estaría en directa relación con el deterioro de la condición de la fruta y el tiempo de almacenaje a la que ésta es sometida. Además no se puede descartar la influencia de otros elementos no tomados en cuenta en este estudio.

En cuanto a r, la densidad de protones de hidrógeno, resultó ser bastante similar entre la uva firme y débil por lo que parece no ser una buena forma de diferenciación entre ambos tipos de uvas.

INTRODUCCION

La uva de mesa es la especie más importante de las exportaciones frutícolas chilenas, ocupando el primer lugar con alrededor de un 75 % - 77 % a nivel sudamericano, y en el segundo lugar a nivel mundial con alrededor de un 24 %.

Es también, la especie que ocupa en Chile la mayor superficie cultivada con 50.818 há plantadas que representan alrededor de un 21 % del total del país, cultivándose desde la III a la VII regiones.

La variedad Thompson Seedless continúa siendo la con mayor número de hectáreas plantadas, llegando a 20.567 há, y con un volumen cercano a 169.500.000 kilos netos exportados.

Debido a la diversificación de los mercados, los que son muy exigentes para evaluar calidad y condición, necesitamos seguir perfeccionando la calidad de la producción y las tecnologías de postcosecha, ya que, por la ubicación geográfica de nuestro país la uva debe viajar largas distancias antes de llegar a destino, lo que significa una disminución de su vida útil.

Sujetos a la necesidad de obtener mejor calidad (la que si bien se ha logrado mejorar, a **empeorado su condición**) y mayores productividades, es que se han utilizado técnicas inapropiadas como, altas cargas, sombreado, aplicaciones de dosis excesivas de fitohormonas de crecimiento, aplicaciones inadecuadas para algunas variedades, sobre-exigencia en tiempos de guarda, son las que han generado problemas en postcosecha, representados por **uva débil**, desarrollo de fisuras o “hairline”, uvas mojadas (en la apertura de las cajas en destino) y el aumento de pudriciones en algunos casos (Botrytis cinerea y pudrición ácida), repercutiendo directamente en su valor comercial.

Chile, dentro de los países del hemisferio Sur, mantiene el liderazgo como productor y exportador de uva de mesa, aunque nuestros competidores (Sudáfrica, Argentina, Brasil, Australia y Nueva Zelanda) muestran una tendencia creciente. Para poder mantener este liderazgo, es que se han buscado técnicas para poder predecir el comportamiento de nuestra fruta en el tiempo, y de esta forma poder determinar que fruta es capaz de soportar mayores tiempos de almacenaje.

En la búsqueda por obtener información sobre desórdenes fisiológicos, características estructurales, o características físico-químicas sin destruir la fruta en el proceso, es que se ha puesto el interés en la técnica de resonancia magnética.

Continuando con la línea de investigación que se viene desarrollando desde 1993, en la Cátedra de Viticultura de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Las Américas de Chile (UDLA), y gracias al apoyo y aporte de Don Luis Arturo Fuenzalida, Vice-rector Académico de dicha casa de Estudios Superiores, en convenio con el Centro de Investigación de Resonancia Magnética de la Pontificia Universidad Católica de Chile (P.U.C.), fue posible llevar a cabo esta investigación.

PIE DE PAGINA

****Calidad:** son todos aquellos parámetros que no cambian en el tiempo, referidos específicamente a calibre de bayas, color, peso de bayas y racimos, relación azúcar/acidez. ****Condición:** son aquellos parámetros que cambian en el tiempo, estos hacen que la fruta pierda su potencial de venta o vida útil. Dentro de estos parámetros podemos mencionar Botrytis, pudriciones ácidas, deshidratación del escobajo, “hair line”, blanqueamiento, desgrane y otros.

Composición y anatomía de la baya

Para permitir una cabal comprensión de un estudio con cualquier técnica empleada, es prioritario describir el objeto que será sometido a evaluación. Por esta razón consideramos necesario describir la composición y anatomía de una baya, junto con nombrar brevemente los cambios que sufre en su etapa de maduración.

El escobajo está constituido por un eje central, el cual luego de ramificarse se llama raquis. Mediante el escobajo, el racimo se sostiene al brote y se comunica a él. Del raquis parten ramificaciones primarias que se dividen luego en secundarias y en las extremidades de éstas se encuentran los pedicelos que sujetan los granos y envían al interior del grano haces vasculares que le sirven para su nutrición. (Ferraro, 1983)

Según Weaver (1981), el escobajo y sus partes constituyen entre un 2 y un 6% del peso total del racimo en la madurez, según la variedad.

El fruto está unido al escobajo por un pedúnculo o pedicelo, a través del cual pasan de 15 a 18 haces fibrovasculares, que constituyen una densa red para alimentar la pulpa y las semillas, en el caso de las variedades pirénicas (Marro, 1989). Este pedicelo tiene en su extremo un receptáculo o bourrelet cubierto de lenticelas que le dan un aspecto rugoso y sobre el cual se inserta el grano. (Galet, 1973)

Los haces vasculares parten del receptáculo o bourrelet y penetran agrupados hasta el ombligo donde ellos se extienden bajo la película y se ramifican hasta su terminación en trayectos espiroídeos. (Galet, 1973). Según Ribéreau-Gayon y Peynaud (1971), se distinguen los haces centrales, superficiales y los haces que van a las semillas. Los haces superficiales en número variable forman una especie de red que podemos ver muy fácilmente sobre algunas bayas blancas, estos delimitan la película y la pulpa.

El pincel corresponde a aquellos haces que quedan pegados a los pedicelos cuando se saca el grano y se trata esencialmente de los haces centrales. (Ribéreau-Gayon y Peynaud, 1971)

Según Nelson (1979), la disposición de la red de haces vasculares es el resultado del enorme agrandamiento de las células de la pulpa durante el crecimiento de la baya que estira estos haces o filamentos lateralmente causándoles asumir una forma de “malla de diamante”. Al mismo tiempo la expansión de las células de la pulpa aísla el sistema vascular periférico del sistema vascular central.

La baya (pericarpio), está constituida por tres componentes principales : a) epicarpio o película; b) mesocarpo o pulpa; y c) endocarpo o pared interna de la pulpa. (Fournioux, 1982) citado por Mullins y et al. (1992), (Pérez- Camacho, 1992), (Hidalgo, 1993), (Pérez, 2002).

Martínez de Toda (1991), sostiene que las bayas representan del 92 al 98 % del peso del racimo y se distinguen tres partes: Piel o película: 7-20% en función de la variedad; Pulpa 65 –91% y Semillas 2-6%.

La película o piel forma un conjunto heterogéneo constituido por cutícula, epidermis e hipodermis (Ribéreau-Gayon y Peynaud, 1971), (Fournioux, 1982) citado por Mullins y et al. (1992). Esta envuelve al fruto y actúa de la misma forma que un recubrimiento elástico, distendiéndose a medida que la uva va creciendo. (Ferraro, 1983).

Esta película está constituida por una fina cutícula de aproximadamente 2 a 4 micras de espesor (Nelson, 1979), recubierta de finas granulaciones irregulares de pruina, una sustancia fina, cerosa, que hace resaltar el aspecto de la baya, capaz de fijar aromas exógenos y levaduras, y que hace impermeable al grano impidiendo pérdidas de agua y daños mecánicos, reconfirmado por (Weaver, 1981), (Larrea, 1981), (Ferraro, 1983), (Reynier, 1989). Esta pruina está compuesta de plaquetas hidrófobas de cera traslapadas, y la cera consiste químicamente en dos tercios de cera mas consistente principalmente de ácido oleanólico, y un tercio de cera blanda, de menor consistencia constituida por una mezcla compleja de compuestos orgánicos, donde los alcoholes grasos son los componentes mayores. (Radler y Acone, 1965) citado por Mullins y et al. (1992).

Bajo la cutícula encontramos la epidermis formada por 1 a 2 capas de células achatadas (Winkler, 1965), (Marro, 1989).

La hipodermis está constituida por 2 series de células que difieren por sus dimensiones y en las cuales se localizan materias colorantes, sustancias odorantes y taninos (Ribéreau-Gayon y Peynaud, 1971). Según Marro (1989), la hipodermis estaría constituida por 10 estratos de células poliédricas.

Bernard (1977), citado por Reynier (1989), indica la presencia de capas sub-epidérmicas. Nosotros consideramos al revisar la literatura, y reflexionando sobre las múltiples variaciones que en ella se encuentra, que estas capas corresponderían a la hipodermis. En las cuales se distinguen, las capas superficiales, en número de 1 a 3, formadas por células rectangulares con paredes espesas, y las capas profundas, de células de tamaño creciente con la profundidad, de forma poligonal irregular y con finas membranas. Para este autor, la mayor o menor sensibilidad a *Botrytis cinerea*, agente de la podredumbre gris de la uva, estaría en estrecha dependencia con el espesor de la cutícula y con la morfología de las capas superficiales. Estas capas juegan un papel importante en el color y en el sabor de las bayas.

La pulpa representa la masa principal de la baya, constituyendo cerca del 90% del total del peso del grano, donde un cultivar de uva de mesa pesa normalmente entre 3 a 8 grs. y un cultivar de uva vinífera entre 1 a 3grs. Según Pérez, (2002) está constituida por varias capas de células parenquimáticas con paredes delgadas. Las bayas jugosas de las variedades viníferas presentan una pulpa cuyas células tienen las membranas laceradas, con protoplasto reducido y aplastado contra la pared por el jugo vacuolar que ocupa todo el espacio intra-celular. Las bayas carnosas de las variedades de mesa, presentan células cuya pared tiene el protoplasto intacto (Reynier, 1989). Nelson (1979), por su parte afirma que la pulpa está compuesta de células isodiamétricas relativamente grandes con grandes vacuolas y paredes delgadas, donde la mayoría de los sólidos solubles estarían en estas vacuolas.

Según Portelé citado por Ribéreau-Gayon y Peynaud (1971), se pueden distinguir en la pulpa tres series de células que se reconocen por su forma o por su orientación: las células redondeadas situadas contra la red vascular, células alargadas en el sentido del radio de la baya y por último las células alargadas en sentido perpendicular al radio de la baya y situada alrededor de las semillas.

El endocarpio o pared interna de la pulpa está formado por células con cristales en su interior (drusas) y una epidermis interior. (Pérez, 2002)

En la superficie de la película encontramos en oposición al pedicelo un pequeño punto más oscuro, el ombligo, muy visible en las uvas blancas. El corresponde a los residuos estigmáticos. (Ribéreau-Gayon y Peynaud, 1971)

La pulpa en la maduración contiene agua, azúcares en cantidad importante pero variable según el grado de madurez, ácidos orgánicos, materias minerales, compuestos aromáticos, materias pécticas, sustancias nitrogenadas y compuestos fenólicos. Contiene además, vitaminas y enzimas cuyas proporciones varían a lo largo del período de maduración.

Según Ferraro (1983), los componentes de la pulpa se distribuyen de la siguiente manera: zona central, la que envuelve la semilla, es la más pobre en azúcar y la más rica en ácidos. La zona periférica, en contacto con la película que es la parte de la pulpa más rica en sustancias tánicas, la más pobre en ácidos y presenta una riqueza media en azúcares. En lo que respecta a la zona intermedia, que se halla en el medio de las otras dos, es la más rica en azúcares y la más pobre en sustancias tánicas.

Entre los compuestos que no son agua, los principales solutos que se acumulan en las bayas de uva son hexosas, D(+)-glucosa y D(-) fructosa, que juntos constituyen una gran parte de la materia seca de la baya, y a una mas baja concentración, ácido L(+) tartárico y L(-) málico. El resto, que suma el 7% del peso seco de la baya, incluye todos los polímeros insolubles (por ejemplo, celulosa) y ciento de otros solutos, algunos en mínimas cantidades. (Coombe, 1992)

Durante el crecimiento de las bayas o granos predomina la glucosa, en la maduración las proporciones de glucosa y fructosa son aproximadamente iguales y, en uvas sobremaduras la fructosa es el azúcar principal. La fructosa es la más dulce: 15 % de fructosa aproximadamente es igual en dulzura al 22.8 % de glucosa, o al 17.8 % de sacarosa. (Winkler, 1965).

Según Martínez de Toda (1991), antes de la pinta o envero la relación glucosa / fructosa (G/F) es de alrededor de 5, puesto que la fructosa es más utilizada en la respiración para obtención de energía. Alrededor del envero se hace $G/F = 2$ y en la maduración $G/F = 0.95$. Esta disminución parece explicarse por la utilización de glucosa en la formación del almidón.

Durante la maduración el crecimiento del contenido de azúcares de la uva obedece a tres procesos: esencialmente por migración de azúcares producidos por fotosíntesis; por movilización eventual de reservas y; por transformación de ácido málico en azúcares, cantidad que no es importante. (Reynier, 1989)

En relación a los ácidos, los que se encuentran principalmente en la uva son: tartárico, málico, cítrico, ascórbico y fosfórico, con muy pequeñas cantidades de otros. Los ácidos tartárico y málico, constituyen más del 90 % del total. Solamente 0.02 a 0.03 % de ácido cítrico está presente y hay aún menos ácido ascórbico y fosfórico. (Winkler, 1965)

La película contiene ácidos fenólicos, antocianos, taninos y un poco de flavonoides; por su parte la pulpa contiene ácidos fenólicos, algunos taninos y ; por último, las semillas contienen ácidos fenólicos y taninos. (Reynier, 1989)

Según Barceló (1998), algunos trabajos parecen indicar que los ácidos orgánicos son sintetizados en las hojas y transportados a los frutos. Sin embargo, estudios en los que se suministran CO_2 y sacarosa marcados con ^{14}C a uvas, sugieren que estos frutos son capaces de sintetizar una considerable cantidad de ácidos orgánicos en sus propios tejidos.

Los azúcares y ácidos orgánicos se utilizan en parte durante la respiración (ciclo de Krebs) para producir energía almacenada en forma de ATP (adenosin trifosfato), que se utiliza después en los procesos de crecimiento y de biosíntesis. (Reynier, 1989)

Las concentraciones en la pulpa exceden a las concentraciones en la piel en componentes como malato al principio de la maduración y azúcares a lo largo de ésta. En todos los otros casos las concentraciones en la película son más altas que en la pulpa, particularmente potasio y compuestos fenólicos. Al aumentar los ° brix, las concentraciones de algunos componentes aumentan (ambas hexosas, potasio y aniones orgánicos), algunos sufren pequeños cambios (fenólicos y tartrato), otros disminuyen un poco (malato), y otros aumentan para luego disminuir (ácido abscísico). (Coombe, 1992)

El crecimiento de la baya se debe principalmente, a la acumulación de sustancias nutritivas (en particular azúcares) y de agua, absorbidos por la baya gracias a la elevada presión osmótica, debida a los glúcidos y en parte a los ácidos. (Fregoni, 1999)

Los compuestos aromáticos de la uva se localizan en la película y aparecen solamente después de la pinta, aumentando, en correlación con los azúcares, en el curso de la maduración. (Fregoni, 1999)

Son innumerables las modificaciones que se producen en las bayas y en la composición de la uva durante la maduración, éstas pueden resumirse así: a) variación de las hormonas; b) engrosamiento de la baya; c) modificaciones de la consistencia de los tejidos y ablandamiento de la baya; d) aparición de la pruina; e) desaparición de la clorofila y acumulación de pigmentos colorantes en la película, incremento de los polifenoles; f) acumulación de los azúcares; g) disminución de los ácidos; h) síntesis de sustancias aromáticas; i) variaciones en la composición y el contenido de sustancias nitrogenadas; j) evolución de la actividad enzimática; k) modificaciones en los elementos minerales; l) y por último se incrementan las vitaminas. (Fregoni, 1999)

Imágenes de Resonancia Magnética (MRI)

La materia puede presentar la propiedad de magnetismo, ya que los núcleos de los átomos tienen una carga magnética intrínseca (cada protón en el núcleo es como un pequeño imán), donde la carga magnética de los átomos es llamada spin. (Irarrázaval, 2001).

Cuando la partícula atómica es un núcleo el fenómeno es denominado NMR (resonancia magnética nuclear), no todos los núcleos exhiben resonancia magnética, un núcleo tiene un momento magnético solo si el momento angular no es cero. Núcleos comunes con momentos magnéticos incluye: ^1H - ^{31}P - ^{15}N - ^{23}Na ; núcleos sin momentos magnéticos incluyen ^{12}C y ^{16}O . (McCarthy, 1994)

Los átomos con un número impar de protones y/o con número impar de neutrones poseen un momento magnético, y son estos los que exhiben el fenómeno de resonancia magnética (MR). En los especímenes biológicos, el hidrógeno con un solo protón (^1H) es el más abundante (principalmente en agua), el más sensible (es decir, da lugar a las señales más fuertes) y por eso el más estudiado (Nishimura, 1996).

La uva y la fruta en general es ideal para análisis con resonancia magnética, debido a que por su alto contenido de agua asegura una señal fuerte.

Las imágenes de resonancia magnética (MRI) son sumamente ricas en contenido de información. El valor píxel* de una imagen es en general dependiente de parámetros intrínsecos, incluyendo la densidad del spin nuclear ρ , el tiempo de relajación T_1 , el tiempo de relajación T_2 , movimientos moleculares (como la difusión y perfusión), efectos de susceptibilidad y las diferencias de cambio químicos. Los efectos de imagen de estos parámetros puede suprimirse o puede reforzarse en un experimento específico por otro set de parámetros operativos-seleccionables, como tiempo de repetición TR, tiempo de eco TE, y ángulo de excitación θ . Por lo tanto, una imagen de MR obtenida de un mismo sitio puede parecer drásticamente diferente si el protocolo en la adquisición de datos es distinto (Liang y Lautbur, 2000).

*Píxel o píxeles son cada uno de los puntos que componen una imagen digital (Picture elements)

La resonancia magnética presenta una gran flexibilidad geométrica y de mecanismos de contraste en la creación de imágenes, que la hacen muy apropiada como un sensor no invasivo, prestándose muy bien para caracterizar material orgánico.

Componentes

Un escáner de MR consiste en tres componentes de hardware principales: un imán principal, un sistema de gradiente de campo magnético, y un sistema de radio frecuencia RF. La función primaria del imán principal es generar un fuerte campo estático uniforme, llamado campo B_0 , para la polarización de los spins nucleares en un objeto. El sistema de gradiente es un componente crucial en un escáner de MRI porque los campos de gradiente son esenciales para la localización de señales. El sistema de RF consiste en una bobina transmisora que es capaz de generar un campo magnético en rotatorio, llamado campo B_1 , para la excitación del objeto, y una bobina receptora que convierte una magnetización de la precesión en una señal eléctrica (Liang y Lautbur, 2000).

Magnetización

La magnetización neta puede ser visualizada con 2 vectores componentes: M_{xy} en el plano transversal y M_z en el plano longitudinal.

En la ausencia de un campo magnético externo, es decir, en su estado natural, los spins se orientan al azar y el momento magnético macroscópico neto es cero. Sin embargo, en la presencia de un campo magnético externo B_0 , dos importantes efectos ocurren. Primero, los vectores del momento magnético tienden a alinear en la dirección de B_0 para crear un momento magnético neto. La dirección del campo aplicado se llama dirección longitudinal. Segundo, el spin nuclear precesa sobre sí mismo a una frecuencia bien definida llamada la frecuencia de Larmor o frecuencia de resonancia. Esta frecuencia de Larmor relaciona al campo magnético aplicado en una simple pero inmensamente importante expresión: (Nishimura, 1996)

$$\omega = \gamma B$$

$$\gamma_{\text{hidrogeno}} = 42.58 \text{ MHz/T}$$

ω es la frecuencia de Larmor (resonancia) y es proporcional al campo magnético B

ω es la única frecuencia a la que un spin puede rotar alrededor del campo magnético B

Excitación

Para obtener información de los spins estos deben ser perturbados o excitados. La excitación ocurre al aplicar un pulso de radiofrecuencia (RF) a un objeto sacando a los átomos de su estado de equilibrio.

La excitación por un pulso de radiofrecuencia está representado por un campo magnético adicional, llamado campo B_1 , el cual es perpendicular a B_0 y es aplicado por un corto periodo de tiempo.

Un pulso de radiofrecuencia es un campo magnético rotatorio cuya frecuencia es la frecuencia de resonancia del átomo que se quiere analizar. Este pulso de radiofrecuencia saca los spins del equilibrio, y el ángulo en que se alejan del equilibrio depende del tiempo y la amplitud aplicada. (Irrázaval, 2001)

Lectura

Después de la excitación, y al volver al equilibrio, los spins magnéticos emiten energía, siendo ésta la que induce voltaje en la bobina receptora (una senoide que depende de la frecuencia de Larmor y los gradientes aplicados en ese momento). (Irrázaval, 2001)

Para identificar de donde viene la señal, y así formar una imagen se codifica en frecuencia y en fase. La codificación en frecuencia se hace agregando al campo principal un campo secundario que depende linealmente de la posición (G), así los spins tendrán diferentes frecuencias de resonancia. Los spins que ven un mayor campo magnético resuenan a frecuencias más altas. La señal recibida (inducida en la bobina receptora) es la suma de todas las señales. (Irrázaval, 2001)

Para realizar una codificación de fase se aplica un campo secundario por un momento, y así los spins tendrán durante ese momento diferentes frecuencias de resonancia, por lo tanto adquirirán fases diferentes. El campo principal vuelve a ser uniforme de manera que la frecuencia de resonancia es la misma para todos los spins, donde cambia sólo su fase. La señal recibida (inducida en la bobina receptora) es la suma de todas las señales de fases diferentes. (Irrázaval, 2001)

Luego de la alineación de los spins usando un campo magnético externo y la excitación del sistema por la aplicación de un segundo campo RF, causa una señal medible en el plano transversal. Esta señal medible varía con el tiempo y transmite información acerca del sistema de spins, pudiendo ser descritas por su comportamiento temporal o representados por sus componentes de frecuencia, incluyendo su amplitud y fase.

Relajación

Es el retorno de los átomos de su estado de alta energía a un estado de más baja energía, y la pérdida de coherencia entre ellos. Este proceso comienza con el término del pulso de radiofrecuencia.

Siguiendo una excitación, el componente transversal de la magnetización se deteriora mientras el

componente longitudinal vuelve a su estado de equilibrio inicial. Los mecanismos por los cuales estos eventos de relajación ocurren son diversos y complejos. Dos parámetros de MR importantes, T1 y T2, caracterizan este retorno al equilibrio y se llaman constantes de tiempos de relajación. La constante de tiempo que caracteriza el retorno del vector de magnetización a lo largo del eje z (el eje longitudinal, paralelo al campo B_0) se llama T₁, mientras la constante de tiempo que caracteriza el decaimiento del componente del vector en el plano del XY (plano transversal, perpendicular al campo B_0) se llama T₂. Estas constantes de tiempos de relajación, junto con la densidad ρ de los átomos, son importantes parámetros de MR los cuales tienen distintos valores en tejidos diferentes. (Nishimura, 1996).

a Tiempo de relajación T1

El tiempo de relajación T1 es el retorno longitudinal de los spins a su estado relajado. El estado relajado es la máxima magnitud en la dirección del campo magnético B_0 . T1 es el tiempo que demora la magnetización en recuperar un 63% de su tamaño original (Irrázaval, 2001)

b Tiempo de relajación T2

El tiempo de relajación T2 ocurre debido a la interacción entre los átomos. T2 es el tiempo que se demora en perder el 63% de la magnetización (Irrázaval, 2001)

Reconstrucción

Las imágenes de resonancia magnética usa una combinación de un campo magnético estático, variaciones locales de este campo magnético (gradientes de campos magnéticos), para codificar la información espacial de un núcleo en un tejido de muestra, y pulsos de radiofrecuencia RF que generan una señal. Un sistema receptor de RF detecta luego la energía reemitida de radiofrecuencia y transporta esta señal a un sistema de procesamiento digital por computador, donde se proyecta la imagen.

En el sistema de reconstrucción una vez obtenidos los datos medidos son reconstruidos y proyectados, donde una de las principales consideraciones en muchas adquisiciones de datos es el tamaño.

Contraste

El contraste se define como la diferencia de intensidad entre el objeto de interés y el fondo.

Hay tres tipos básicos de contraste en el MRI: el contraste de densidad de spins, contraste T1, y contraste T2. El contraste de densidad de spins es cuando el contraste de la imagen está determinado en su mayoría por la densidad de spins, y es linealmente proporcional a la densidad de átomos de los tejidos. Los contrastes T1 y T2 tienen una dependencia exponencial sobre los valores T1 y T2 de los tejidos. Para una secuencia de imágenes dada los tres parámetros pueden contribuir al contraste del tejido pero usualmente solo uno da el énfasis. (Liang y Lauterbur, 2000)

MATERIALES Y METODOS

Este trabajo de investigación fue desarrollado durante el primer semestre del presente año, en el Centro de Investigación de Resonancia Magnética de la Pontificia Universidad Católica de Chile, Campus San Joaquín – Santiago.

Se utilizó uva proveniente de parras de vid (*Vitis vinifera* L.) cv. Thompson Seedless, de 7 años de edad, de un predio ubicado en la comuna de Paine, Región Metropolitana. Las uvas fueron cosechadas el 21 de Febrero de 2002 de un mismo cuartel con fertirrigación y los mismos manejos a lo largo de la temporada para obtener un material de experimentación homogéneo.

Las uvas firmes y débiles fueron elegidas arbitrariamente al momento de ser cosechadas.

La uva débil fue escogida por observación visual (uva de un color verde cristalino o translúcido) y al tacto (poca resistencia o alta elasticidad). Además, se realizaron cortes transversales a nivel ecuatorial de las bayas para observar la pulpa, ésta debía ser de carácter cristalina y brillante, con una marcada desorganización de los haces centrales.

La uva firme o normal fue escogida por observación visual (debía tener el color característico de la variedad), y por la apreciación de su firmeza al tacto.

Las imágenes y mediciones se realizaron con un **Resonador Magnético GYROSCAN PHILIPS T5 – INTERA**, con un campo principal de 0.5 T.



En una primera etapa se tomaron más de 80 imágenes con distintas secuencias tanto de racimos como de bayas individuales, los primeros experimentos consistieron en observar la morfología y anatomía de la baya a través de resonancia magnética.

Además se realizaron una serie de experimentos:

1) se aplicaron distintos e iguales niveles de presión medidos con un presionómetro Mc Cormick Fruti Tech con pedestal de 3 mm de diámetro graduado en gr. y lb. y un presionómetro Mc Cormick Fruti Tech con vástago con una superficie en su base de 1,5 cm de diámetro, graduado en lb., a bayas de uva firme y débil, con el objetivo de causar pequeñas lesiones en la estructura interna del fruto. La hipótesis fue que estas lesiones internas podían ser vistas usando resonancia magnética (RM) y que serían distintas en uvas firmes y débiles.

2) se inyectó en las bayas en pequeña cantidad el contraste Omniscan, con la idea de que el medio de contraste cambiara los parámetros magnéticos de la uva y permitiera ver las estructuras internas en forma mas clara.

3) se diseñó un método para medir la densidad basado en el volumen de bayas y racimos usando RM puesto que se presume que la fruta débil tendría más agua y por lo tanto menor densidad. Este proceso no es utilizado en ningún resonador, por lo que parte del proceso se realizó usando un PC con los datos adquiridos.

4) se midieron los parámetros **T1** o relajación longitudinal de los spins magnéticos, **T2** o relajación transversal y ρ o densidad de protones de hidrógeno. Estos parámetros dependen de muchos factores como la composición química, la cantidad de agua, de sólidos solubles, la distribución y cantidad de hidrógeno, y otros.

Se realizaron 6 experimentos en que se midieron estos tres parámetros en uva firme y débil con distintos e iguales ° brix.

En el experimento 3 se prepararon soluciones con diferentes ° brix (13 a 19 °), para determinar la importancia de la presencia de sólidos solubles en los resultados.

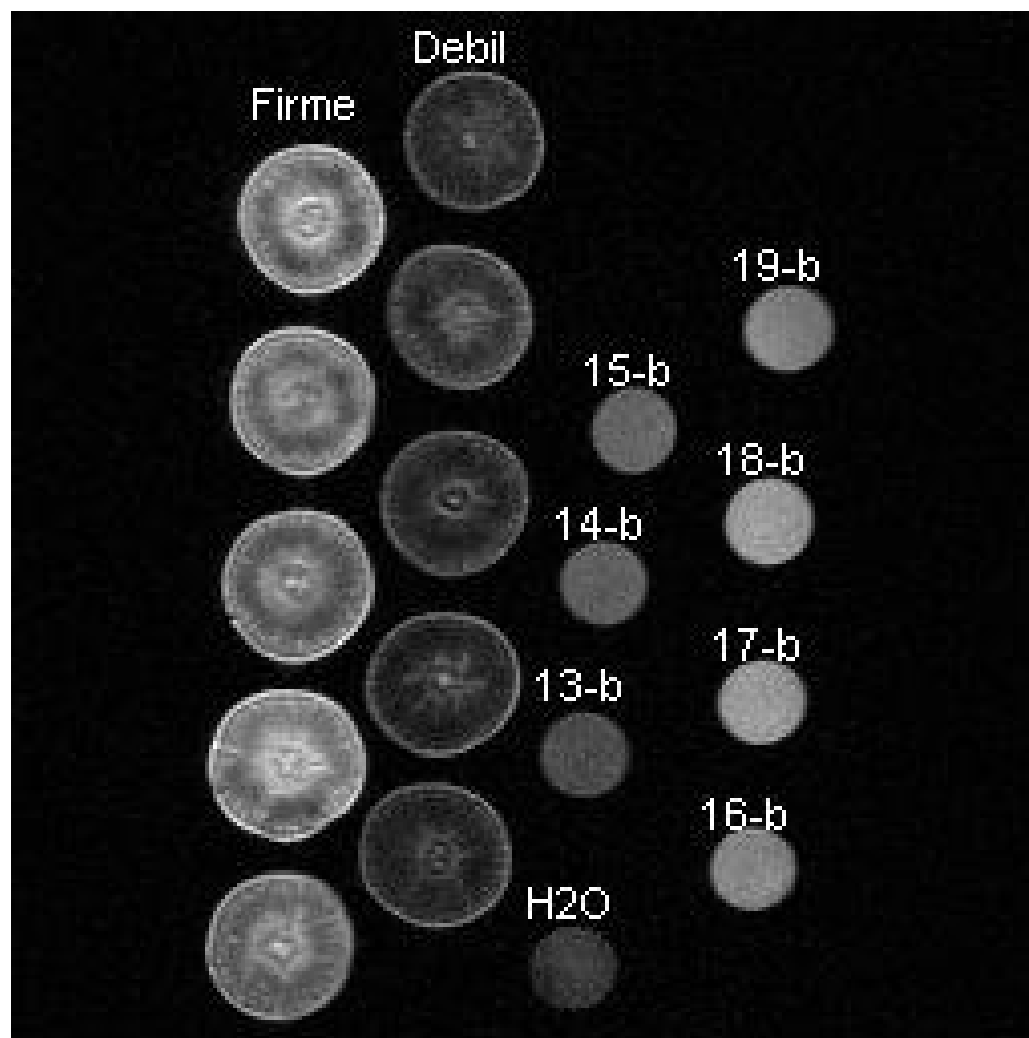
Los resultados de los experimentos fueron sometidos a análisis factorial 2x2.

Los resultados de los experimentos 3, 4, 5 y 6 fueron sometidos a análisis de correlación.

RESULTADOS Y DISCUSION

Estructura y anatomía de la baya

En las imágenes preliminares para ver estructura y anatomía de la baya se apreció una mayor organización en los haces centrales en varias imágenes de uvas firmes, pero no existe una diferencia de estructuras que permita descartar objetivamente entre ambos tipos de uva. En este caso el uso de la resonancia magnética no sería útil, y se podría apreciar a simple vista cortando el fruto transversalmente o longitudinalmente. De todas formas es necesario no descartar este tipo de experimentos.



Imágenes aplicando presión

En las bayas firmes y débiles sometidas a distintas e iguales presiones, no se observó una correlación entre las lesiones internas de éstas y la condición de la fruta.

Imágenes aplicando medio de contraste

Al observar bayas firmes y débiles inyectadas con contraste no presentaron ninguna diferencia concreta, por lo que se desechó este tipo de experimentos.

Cálculo de volumen

Según los resultados obtenidos se encontraron diferencias en la densidad entre uvas firmes y débiles. La densidad de las bayas firmes fue mayor que en las débiles. Sin embargo, el resultado de la aplicación de este método no es concluyente sobretodo si la densidad está relacionada directamente con el contenido de sólidos solubles en la uva. Según (Martínez de Toda, 1991) el mosto es un líquido más pesado que el agua, cuya densidad varía fundamentalmente con el contenido de azúcar (a mayor contenido de azúcar le corresponde mayor densidad y viceversa), lo que no permite afirmar que la uva firme sería siempre más densa que la uva débil, sino que influiría el contenido de sólidos solubles en

comparación a la condición de la uva. De todos modos no hay que descartar, de ninguna manera, la participación de la condición de la uva en los resultados obtenidos.

Uva firme			
Número de bayas	Peso (gr)	Volumen (cc)	Densidad (gr/cc)
14	78,27	72,925	1,073
20	117,99	111,557	1,057
20	117,95	109,506	1,077
Uva débil			
Número de bayas	Peso (gr)	Volumen (cc)	Densidad (gr/cc)
20	109,12	103,842	1,051
20	105,95	101,203	1,047
20	97,88	92,557	1,058
Racimos			
	Peso (gr)	Volumen (cc)	Densidad (gr/cc)
Uva firme	632,14	610,699	1,035
Uva débil	365,17	356,712	1,024

Cálculo de densidad en racimos y uvas firmes y débiles. Resultados obtenidos a los 80 días de postcosecha.

Uva firme			
Número de bayas	Peso (gr)	Volumen (cc)	Densidad (gr/cc)
20	137,35	128,802	1,066
Uva débil			
Número de bayas	Peso (gr)	Volumen (cc)	Densidad (gr/cc)
20	106,84	101,049	1,057
Racimos			
	Peso (gr)	Volumen (cc)	Densidad (gr/cc)
Uva firme	455,07	440,859	1,032
Uva débil	470,00	453,791	1,036

Cálculo de densidad en racimos y uvas firmes y débiles. Resultados obtenidos a los 90 días de postcosecha.

Medición de parámetros T1, T2 y r

Medición 1 (60 días postcosecha)

Uva firme	T1 (seg)	T2 (seg)	Protón	Uva débil	T1 (seg)	T2 (seg)	Protón
F1	1,16	1,10	53	D1	1,42	1,90	50
F2	1,13	0,98	47	D2	1,45	1,65	45
F3	1,18	1,03	42	D3	1,38	1,40	48
F4	1,15	0,95	53	D4	1,40	1,50	50

Tratamientos	Interacción Media	Efecto A Media	Efecto B Media
Uva firme - relajación longitudinal T1	1,16 a		
Uva firme - relajación transversal T2	1,02 a	1,09 a	1,28 a
Uva débil - relajación longitudinal T1	1,41 ab		
Uva débil - relajación transversal T2	1,61 b	1,51 b	1,31 a

El análisis estadístico de los resultados para tiempos de relajación en las uvas reveló diferencias significativas al 1% entre uva firme y uva débil.

No se detectaron diferencias significativas entre los resultados de relajación longitudinal (T1) y relajación transversal (T2). Sin embargo, la interacción entre tipo de uva y relajación transversal (T2) resultó significativa al 5%.

Estos resultados indican que la condición de la uva influye en los tiempos de relajación, y que el efecto A (tipo de uva) está condicionado por la interacción de A (tipo de uva) por B (tipo de tiempos de relajación, longitudinal o transversal). La diferencia entre tipo de uva está supeditada sólo por el tiempo de relajación transversal (T2).

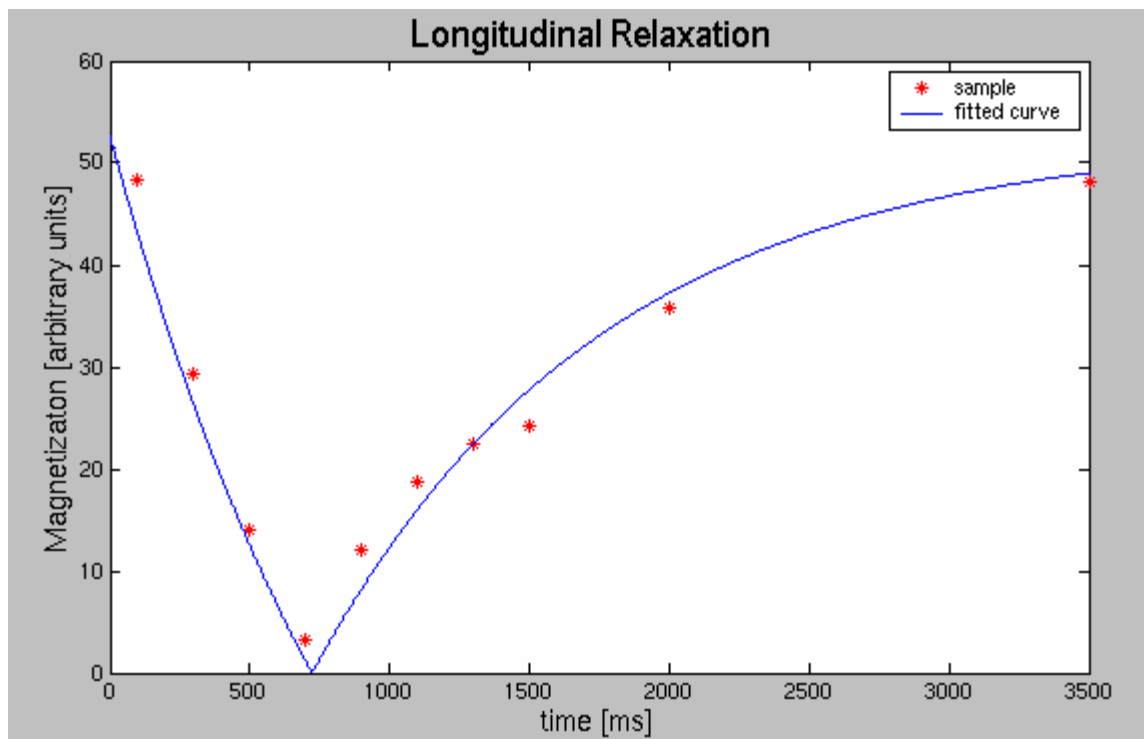


Gráfico nº 1. Curva de tiempos de relajación longitudinal T_1 en uvas firmes. Experimento 1

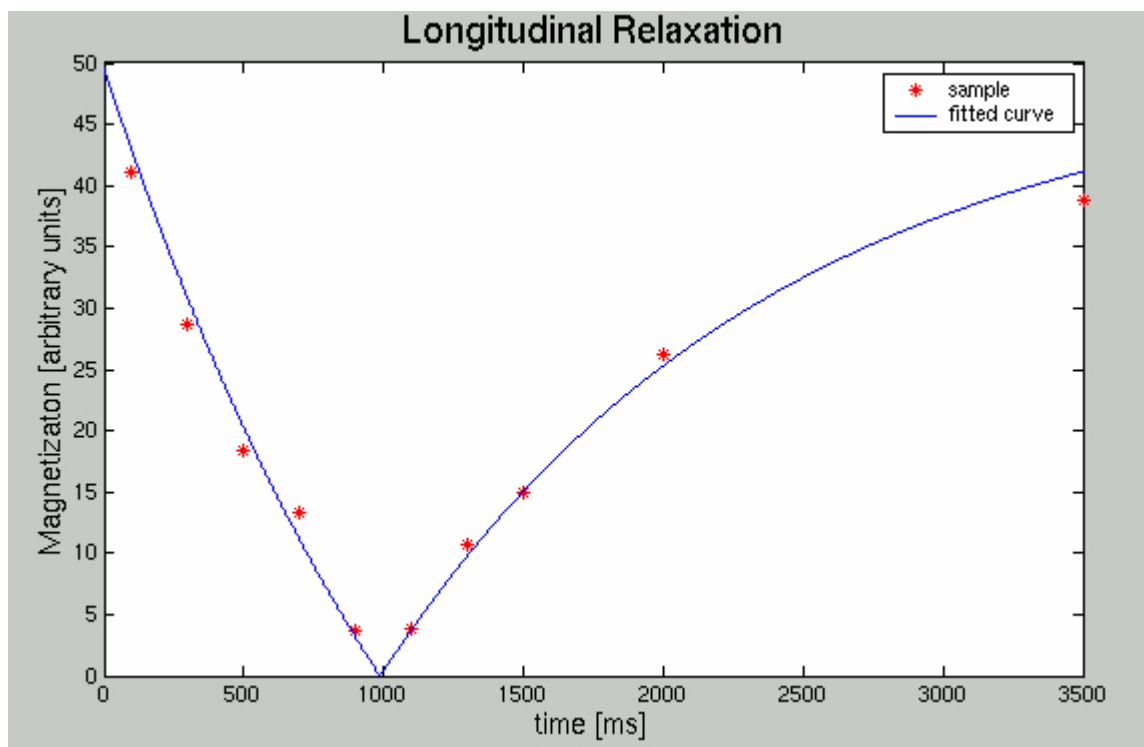


Gráfico nº 2. Curva de tiempos de relajación longitudinal T_1 en uvas débiles. Experimento 1

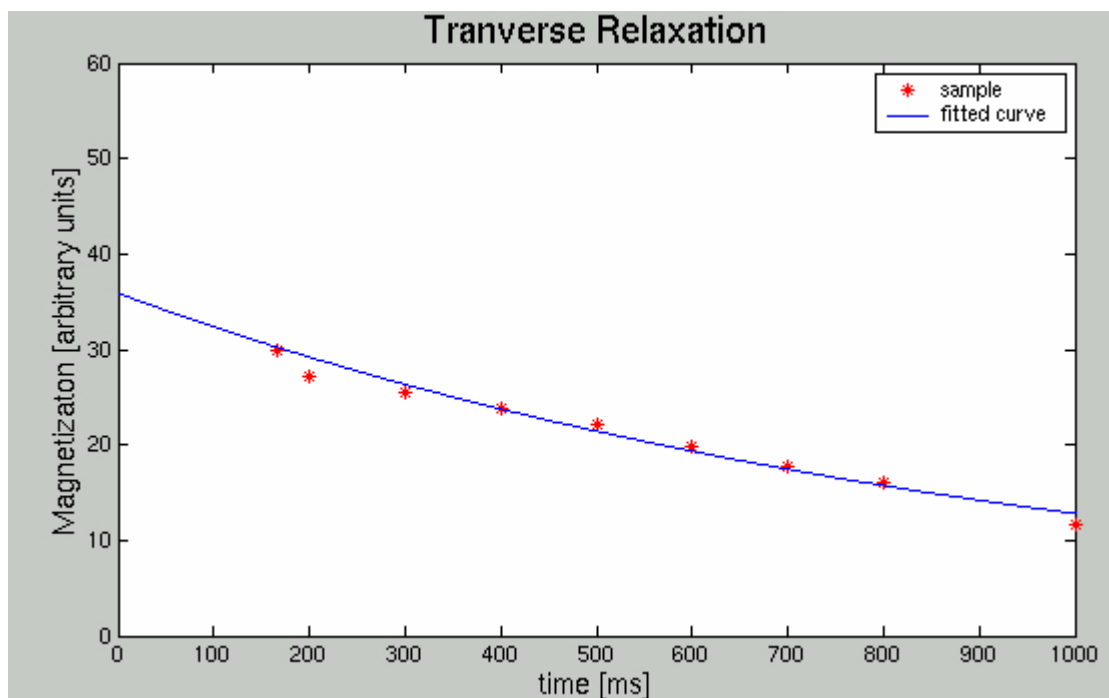


Gráfico nº 3. Curva de tiempos de relajación transversal T_2 en uvas firmes. Experimento 1

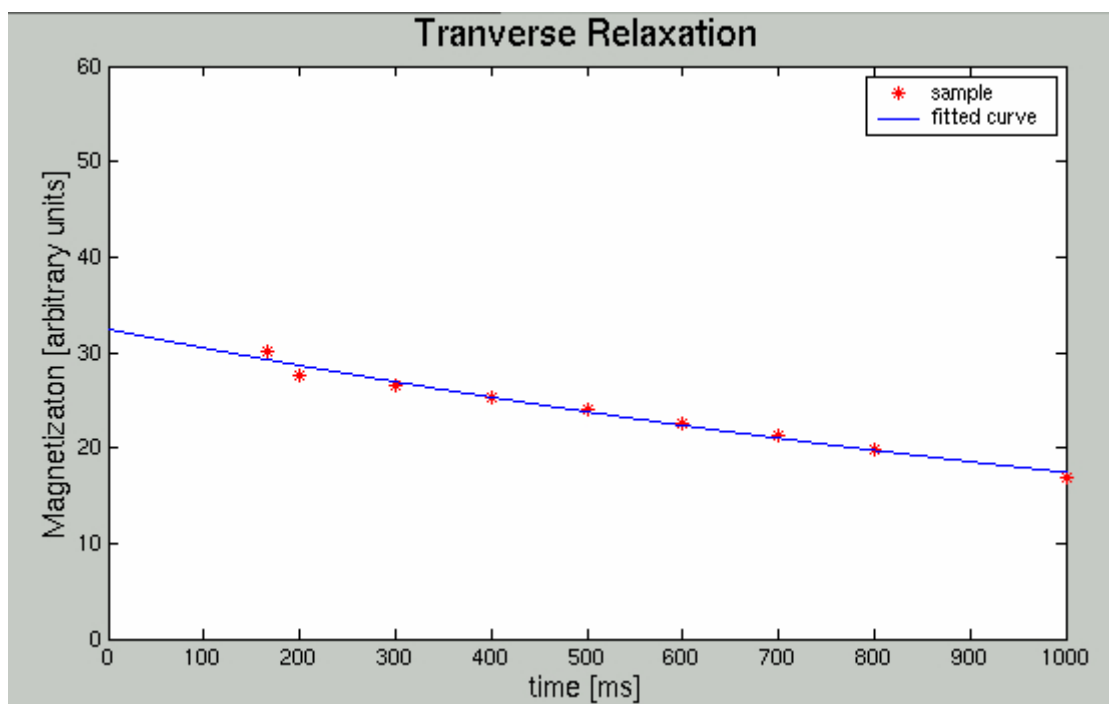


Gráfico nº 4. Curva de tiempos de relajación transversal T_2 en uvas débiles. Experimento 1

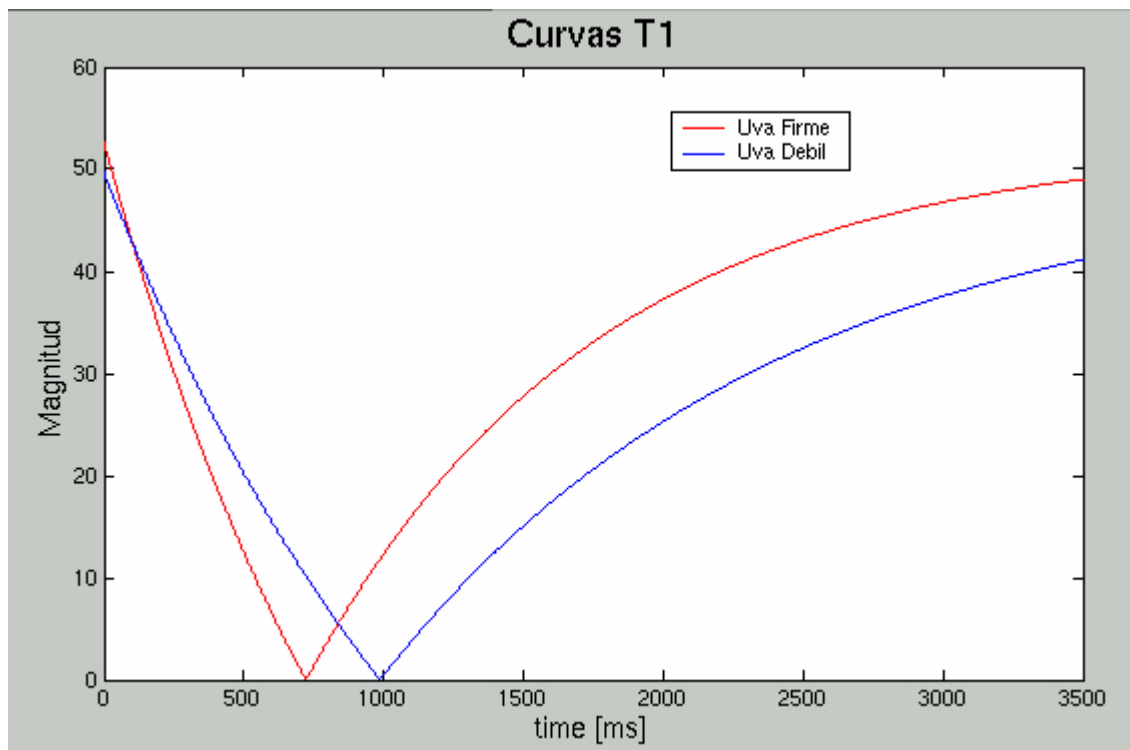


Gráfico nº 5. Comparación curvas de tiempos de relajación longitudinal **T1** en uvas firmes y débiles. Experimento 1.

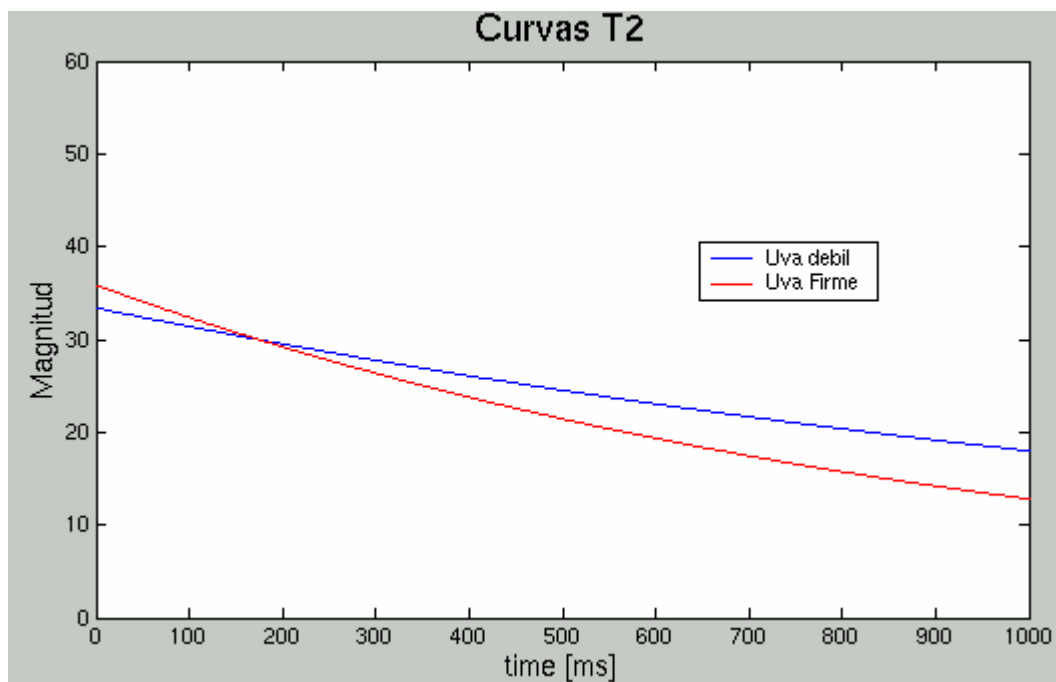


Gráfico nº 6. Comparación curvas de tiempos de relajación transversal **T2** en uvas firmes y débiles. Experimento 1.

Medición 2 (70 días postcosecha)

Uva firme	T1 (seg)	T2 (seg)	Protón	Uva débil	T1 (seg)	T2 (seg)	Protón
F1	1,08	0,63	73	D1	1,34	0,71	70
F2	1,06	0,58	80	D2	1,33	0,68	74
F3	1,14	0,60	77	D3	1,37	0,70	70
F4	1,10	0,60	77	D4	1,34	0,72	68
F5	1,07	0,62	71	D5	1,23	0,72	68
F6	1,08	0,60	70	D6	1,32	0,75	66

Tratamientos	Interacción Media	Efecto A Media	Efecto B Media
Uva firme - relajación longitudinal T1	1,09 a	0,85 a	1,21 a
Uva firme - relajación transversal T2	0,61 b		
Uva débil - relajación longitudinal T1	1,32 c	1,02 b	0,66 b
Uva débil - relajación transversal T2	0,71 d		

El análisis estadístico de los resultados para tiempos de relajación en las bayas reveló diferencias significativas al 1% entre uva firme y uva débil.

Se detectaron diferencias significativas al 1% entre los resultados de relajación longitudinal (T1) y relajación transversal (T2). La interacción entre tipo de uva (firme y débil) y tipo de relajación (longitudinal y transversal) también resultó significativa al 1%.

Estos resultados nuevamente indican que la condición de la uva influye en los tiempos de relajación longitudinal (T1) y transversal (T2), y que el tipo de uva está condicionado por la interacción (tipo de uva – tipo de tiempos de relajación). En este caso la diferencia entre tipo de uva está supeditado por ambos tipos de tiempos de relajación, relajación longitudinal (T1) y relajación transversal (T2).

Medición 3 (80 días postcosecha)

Uva firme	°brix	T1 (seg)	T2 (seg)	Protón	Uva débil	°brix	T1 (seg)	T2 (seg)	Protón
F1	19,4	1,17	0,61	110	D1	17,9	1,24	0,76	101
F2	18,7	1,17	0,60	100	D2	17,0	1,25	0,79	107
F3	19,3	1,16	0,65	116	D3	18,2	1,20	0,79	103
F4	18,7	1,09	0,62	109	D4	18,7	1,34	0,77	114
F5	19,2	1,16	0,71	112	D5	17,1	1,33	0,85	117
F6	18,6	1,15	0,73	113	D6	17,2	1,34	0,85	120

Soluciones	°brix	T1 (seg)	T2 (seg)	Protón
13		1,48	0,80	112
14		1,42	0,75	116
15		1,36	0,73	110
16		1,32	0,70	104
17		1,25	0,66	102
18		1,22	0,63	106
19		1,18	0,57	112

Tratamientos	Interacción Media	Efecto A Media	Efecto B Media
Uva firme - relajación longitudinal T1	1,15 a		
Uva firme - relajación transversal T2	0,65 b	0,90 a	1,22 a
Uva débil - relajación longitudinal T1	1,28 c		
Uva débil - relajación transversal T2	0,80 d	1,04 b	0,73 b

GRAFICO N° 7 SOLUCIONES

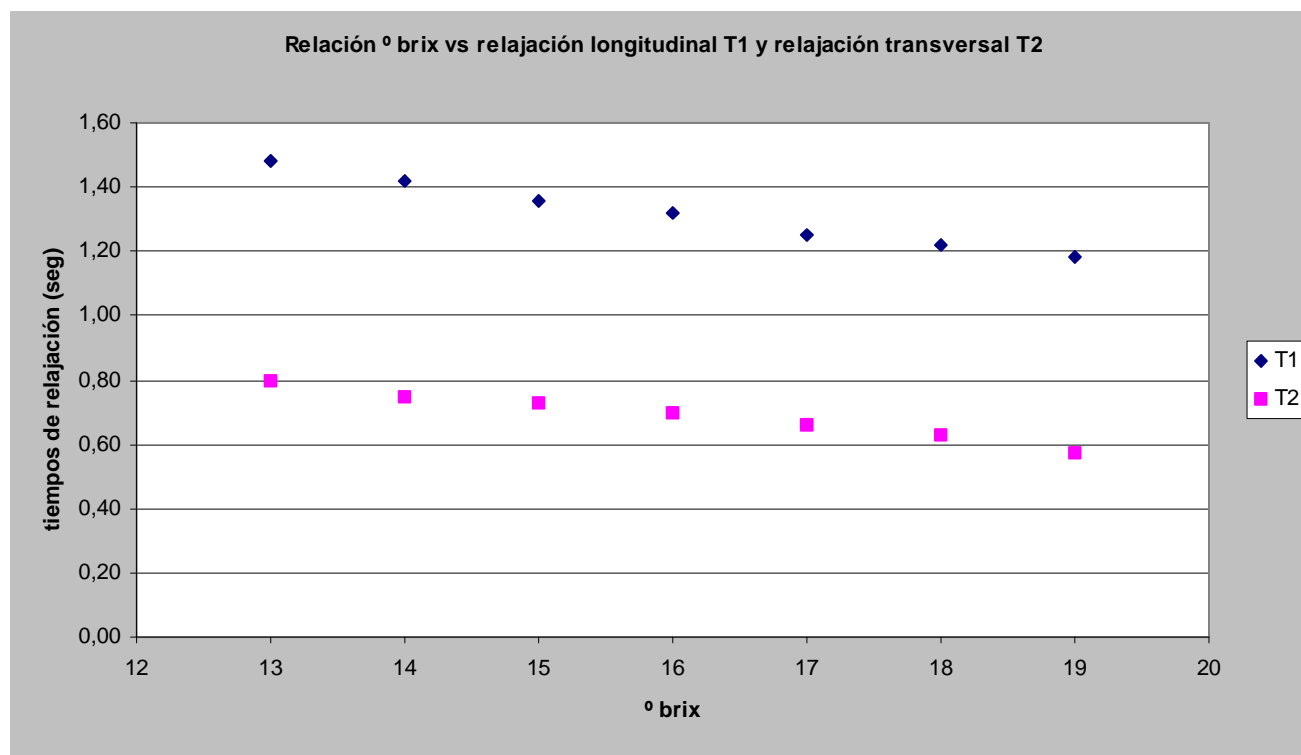


Gráfico n° 7. Relación ° brix (soluciones) vs. Tiempos de relajación longitudinal T1 y relajación transversal T2.

El análisis estadístico de los resultados para tiempos de relajación en las bayas reveló diferencias significativas al 1% entre uva firme y uva débil.

En este experimento se detectaron diferencias significativas al 1% entre los resultados de relajación longitudinal (T1) y relajación transversal (T2). La interacción entre tipo de uva (firme y débil) y tipo de relajación (longitudinal y transversal) no resultó significativa.

Se encontró significancia al 6% para la correlación ° brix / relajación transversal (T2) en uva débil.

En relación a los resultados obtenidos en las soluciones preparadas con distintos ° brix, se observó una correlación negativa entre ° brix / relajación longitudinal (T1), y ° brix / relajación transversal (T2), la

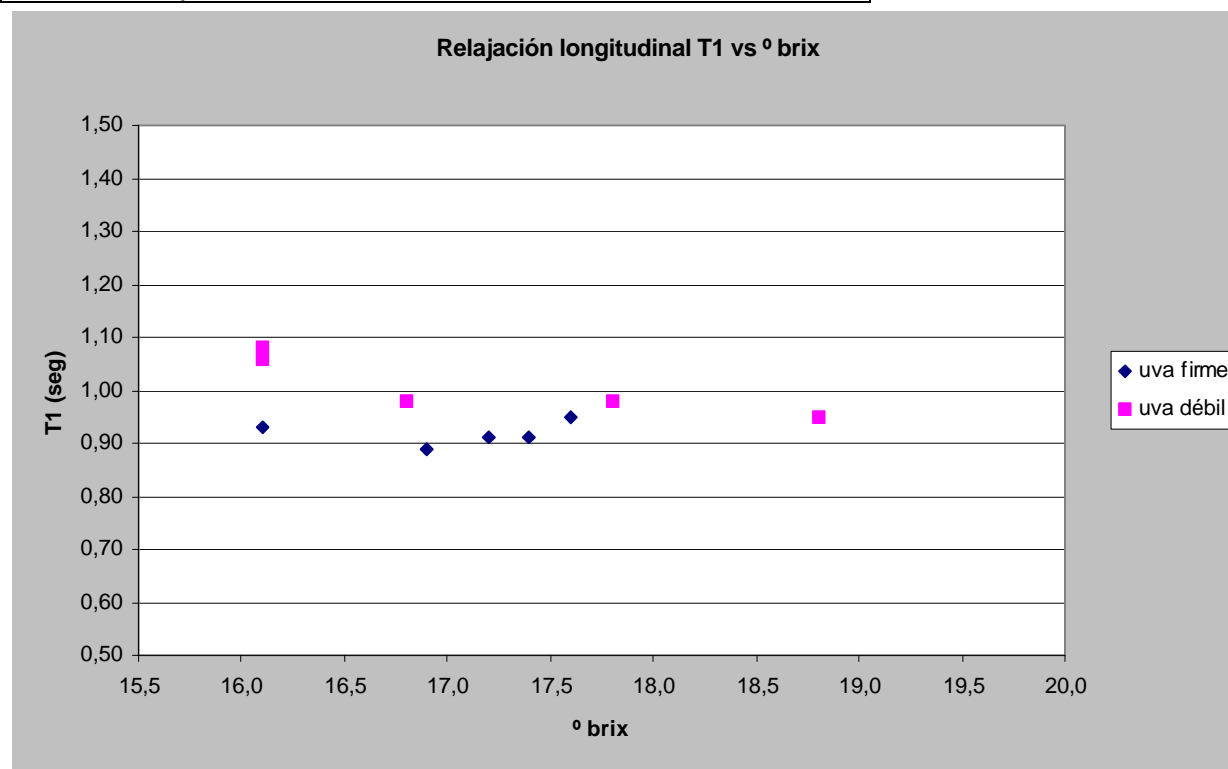
cual fue significativa al 1%. Se obtuvo además correlación positiva entre relajación longitudinal (T1) / relajación transversal (T2) también significativa al 1%.

Con estos resultados se comprobó que a mayor contenido de sólidos solubles disminuyen consistentemente los valores de tiempos de relajación longitudinal T1 y relajación transversal T2, y que al aumentar o disminuir el tiempo de relajación longitudinal T1, aumenta o disminuye también el tiempo de relajación transversal T2.

Medición 4 (90 días postcosecha)

Uva firme	° brix	T1 (seg)	T2 (seg)	Uva débil	° brix	T1 (seg)	T2 (seg)
F1	17,6	0,95	0,89	D1	16,1	1,08	1,43
F2	17,4	0,91	0,84	D2	17,8	0,98	1,18
F3	16,9	0,89	0,97	D3	16,8	0,98	1,13
F4	16,1	0,93	1,01	D4	16,1	1,06	1,28
F5	17,2	0,91	1,04	D5	18,8	0,95	1,13

Tratamientos	Interacción Media	Efecto A Media	Efecto B Media
Uva firme - relajación longitudinal T1	0,92 a		
Uva firme - relajación transversal T2	0,95 a	0,93 a	0,96 a
Uva débil - relajación longitudinal T1	1,01 a		
Uva débil - relajación transversal T2	1,23 b	1,12 b	1,09 b



Gráfi

co nº 8. Tiempos de relajación longitudinal T1 vs. ° brix de la uva obtenidos en el experimento 4.

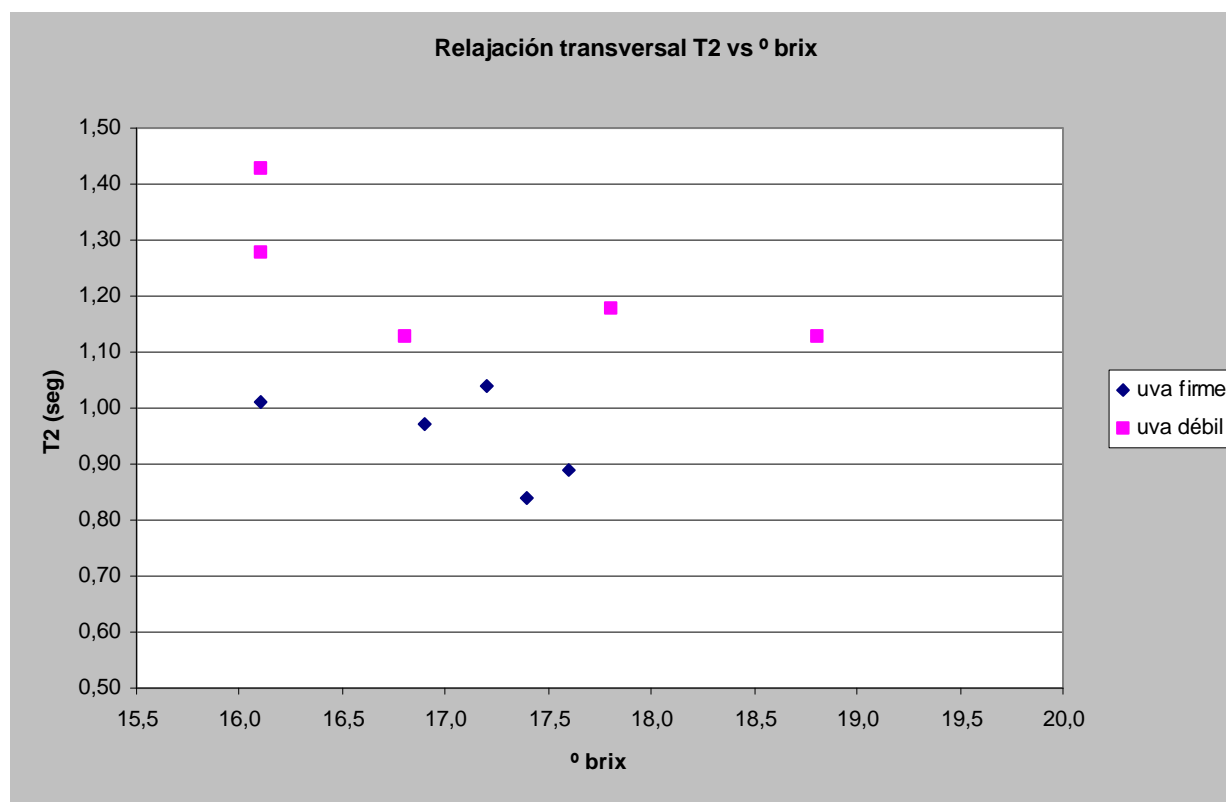


Gráfico nº 9. Tiempos de relajación transversal T2 vs. ° brix de la uva obtenidos en el experimento 4.

El análisis estadístico de los resultados para tiempos de relajación en las bayas reveló diferencias significativas al 1% entre uva firme y uva débil.

Se detectaron diferencias significativas al 1% entre los resultados de relajación longitudinal (T1) y relajación transversal (T2). La interacción entre tipo de uva (firme y débil) y tipo de relajación (longitudinal y transversal) resultó significativa al 5%.

Se verificó además una correlación negativa significativa al 1% entre ° brix / relajación longitudinal (T1) y una correlación positiva significativa al 1 % entre relajación longitudinal (T1) / relajación transversal (T2), ambas en uva débil.

Medición 5 (100 días postcosecha)

Uva firme	° brix	T1 (seg)	T2 (seg)	Uva débil	° brix	T1 (seg)	T2 (seg)
F1	17,6	1,06	0,72	D1	19,4	1,05	0,64
F2	19,0	0,95	0,69	D2	18,0	1,04	0,76
F3	18,7	1,00	0,56	D3	18,6	1,06	0,80
F4	18,4	0,96	0,65	D4	18,0	1,02	0,76
F5	18,5	0,98	0,67	D5	19,3	1,03	0,64
F6	18,0	1,03	0,75	D6	18,9	1,07	0,69
F7	19,3	1,01	0,74	D7	18,3	1,05	0,85
F8	19,4	0,97	0,68	D8	17,6	1,16	0,80

Tratamientos	Interacción Media	Efecto A Media	Efecto B Media
Uva firme - relajación longitudinal T1	0,99 a		
		0,84 a	1,03 a
Uva firme - relajación transversal T2	0,68 b		
Uva débil - relajación longitudinal T1	1,06 a		
		0,90 b	0,71 b
Uva débil - relajación transversal T2	0,74 b		

El análisis estadístico de los resultados para tiempos de relajación en las uvas reveló, nuevamente, diferencias significativas al 1% entre uva firme y uva débil.

En este experimento se observó diferencias significativas al 1% entre los resultados de relajación longitudinal (T1) y relajación transversal (T2). La interacción entre tipo de uva (firme y débil) y tipo de relajación (longitudinal y transversal) no resultó significativa.

Se determinó una correlación negativa entre ° brix / relajación longitudinal (T1) en uva firme, y ° brix / relajación transversal (T2) en uva débil, ambas significativas al 1%.

Medición 6 (100 días postcosecha)

Uva firme	° brix	T1 (seg)	T2 (seg)	Uva débil	° brix	T1 (seg)	T2 (seg)
F1	19,6	1,18	0,48	D1	18,8	1,20	0,85
F2	20,0	1,12	0,63	D2	19,4	1,14	0,82
F3	18,6	1,22	0,86	D3	20,0	1,16	0,71
F4	18,8	1,13	0,67	D4	17,4	1,14	0,78
F5	19,6	1,15	0,60	D5	19,4	1,13	0,79
F6	19,8	1,11	0,65	D6	19,6	1,19	0,83
F7	18,4	1,20	0,82	D7	16,0	1,19	0,84
F8	18,8	1,16	0,75	D8	16,8	1,05	0,77
F9	19,2	1,15	0,84	D9	17,2	1,11	0,73
F10	19,7	1,14	0,71	D10	17,5	1,22	0,74

Tratamientos	Interacción Media	Efecto A Media	Efecto B Media
Uva firme - relajación longitudinal T1	1,16 a		
		0,93 a	1,15 a
Uva firme - relajación transversal T2	0,70 b		
Uva débil - relajación longitudinal T1	1,15 a		
		0,97 a	0,74 b
Uva débil - relajación transversal T2	0,79 b		

El análisis estadístico de los resultados para tiempos de relajación no reveló diferencias significativas entre uva firme y uva débil.

Sin embargo, se detectaron diferencias significativas al 1% entre los resultados de relajación longitudinal (T1) y relajación transversal (T2). La interacción entre tipo de uva (firme y débil) y tipo de relajación (longitudinal y transversal) no resultó significativa.

Se observó una correlación negativa significativa al 1 % entre ° brix / relajación longitudinal (T1), y ° brix / relajación transversal (T2) las dos en uva firme.

En relación a los datos obtenidos en las mediciones de los parámetros T1 y T2 (relajación longitudinal y transversal, respectivamente), se comprobó que los valores están fuertemente influenciados por los ° brix o contenido de sólidos solubles de la uva. Además se observa que los valores de relajación longitudinal (T1) y relajación transversal (T2) de la uva firme son consistentemente menores que los de la uva débil. Estos valores entonces estarían siendo influenciados por ambos factores, por el contenido de sólidos solubles y por la condición de la uva.

Esta diferencia, sin embargo, va disminuyendo a través del tiempo, esto reafirma que el tiempo desde la cosecha y la forma en la que se ha conservado la fruta es otra variable muy importante que influye en los valores de los tiempos de relajación, lo que estaría en directa relación con el deterioro de la condición de la fruta y el tiempo de almacenaje a la que ésta es sometida. Además no se puede descartar la influencia de otros elementos no tomados en cuenta en este estudio.

En cuanto a r, la densidad de protones de hidrógeno, resultó ser bastante similar entre la uva firme y débil por lo que parece no ser una buena forma de diferenciación entre ambos tipos de uvas.

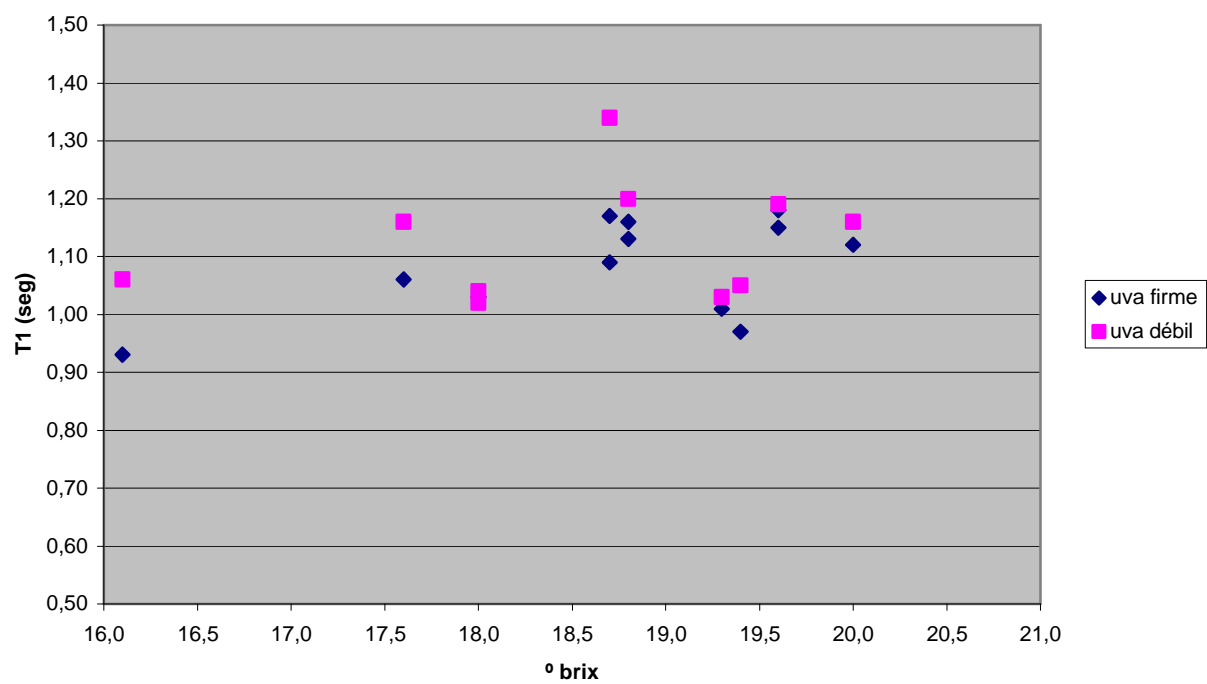
	Uva firme	° brix	Relajación longitudinal T1 (seg)	Relajación transversal T2 (seg)	Uva débil	° brix	Relajación longitudinal T1 (seg)	Relajación transversal T2 (seg)
EXP3	F1	18,7	1,17	0,60	D1	18,7	1,34	0,77
	F2	18,7	1,09	0,62	D2	S/R		
EXP4	F3	16,1	0,93	1,01	D3	16,1	1,06	1,28
EXP5	F4	17,6	1,06	0,72	D4	17,6	1,16	0,80
	F5	18,0	1,03	0,75	D5	18,0	1,02	0,76
	F6	S/R			D6	18,0	1,04	0,76
	F7	19,3	1,01	0,74	D7	19,3	1,03	0,64
EXP6	F8	19,4	0,97	0,68	D8	19,4	1,05	0,64
	F9	18,8	1,16	0,75	D10	18,8	1,20	0,85
	F10	18,8	1,13	0,67	D11	S/R		
	F11	19,6	1,18	0,48	D12	19,6	1,19	0,83
	F12	19,6	1,15	0,60	D13	S/R		
	F13	20,0	1,12	0,63	D14	20,0	1,16	0,71

S/R: sin repetición

Cuadro 1. Cuadro comparativo de tiempos de relajación longitudinal T1 y transversal T2 en uvas firmes y débiles con igual contenido de sólidos solubles (° brix)

GRAFICO COMPARATIVO N° 10

Gráfico comparativo de tiempos de relajación longitudinal entre uvas firmes y débiles a iguales ° brix



CONCLUSIONES:www.uvademesa.cl

- Este trabajo de investigación corresponde a una primera fase de experimentación y consistió en determinar si el método MRI (Scanner – Imágenes de Resonancia Magnética) era útil para diferenciar condición en uva de mesa, a través, de características en la uva que permitan investigar, proyectar o correlacionar la vida útil de postcosecha y de esta forma medir en forma cuantitativa su condición.
- De los experimentos realizados el único que mostró resultados satisfactorios fue en el que se calcularon los parámetros T1(relajación longitudinal) y T2 (relajación transversal) tanto de la uva firme como de la débil. Los experimentos demostraron que existe una tendencia marcada, y leve, en los valores de relajación longitudinal (T1) y relajación transversal (T2), la que indica que los tiempos de relajación, en condiciones similares (igual contenido de sólidos solubles), son menores en la uva firme que en la uva débil. Esto podría significar que el menor nivel de organización celular y/o la mayor cantidad presente de agua en las uvas débiles, influiría en la obtención de valores mayores en ambos tiempos de relajación.
- También se observó una correlación negativa significativa entre los tiempos de relajación longitudinal (T1) y transversal (T2), y los ° brix de la uva, ya que a mayor concentración de sólidos solubles los valores de estos parámetros disminuyen.
- Se debería continuar una segunda fase experimental para poder identificar cómo influyen éstas y otras variables en los tiempos de relajación T1 y T2. Es importante que ésta se realice a partir de cosecha de la uva y establecer diferentes tiempos de medición, ya que los valores obtenidos cambian a lo largo del tiempo. De esta forma sería posible separar el efecto de los ° brix y de la condición de la uva y establecer un modelo, pudiendo diferenciar la condición de la uva según los tiempos de relajación longitudinal (T1) y relajación transversal (T2), y proyectarla a través del tiempo.
- La importancia de este estudio radica en que la resonancia magnética puede ser un método que permitiría cuantificar la condición de la uva sin destruirla en el proceso, constituyéndolo en un avance tecnológico de excepción.
- Los resultados aún no son concluyentes, pero a futuro, con estudios mas acabados podría llegar a ser un método útil para investigar y diferenciar entre ensayos o tratamientos, para llegar finalmente a determinar la condición de postcosecha.
- Si se quiere investigar la composición química de la uva, y de la materia en general, esto es posible con el uso de espectroscopía con resonancia magnética, lo que puede ser de gran utilidad para distinguir los causantes de problemas fisiológicos relacionados con la nutrición mineral y establecer parámetros de composición en la calidad y condición de la fruta.

BIBLIOGRAFIA

1. Barceló, J., Nicolas, G., Sabater, B., Sánchez, R. 1998. Fisiología vegetal. Pirámide – Ediciones. Madrid, España
2. Coombe, 1992. Research on Development and Ripening of the Grape Berry. Am. J. Enol. Vitic., Vol. 43 (1): 101- 110.
3. Ferraro, R. 1983. Viticultura moderna. Tomo I. Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur, SRL. Montevideo, Uruguay.

4. Fregoni, M. 1999. Seminario internacional hacia la enología del siglo XXI, 3 a 7 de mayo. INTA y Facultad de Ciencias Agrarias de Universidad de Cuyo. Mendoza, Argentina.
5. Galet, P. 1973. Précis de viticulture. Paul Déhan. Montpellier, Francia.
6. Guesalaga, A. 2002. Instrumentación en procesos de vinificación. Tópicos de actualización en viticultura y enología. Colección de extensión, Julio - 2002. Facultad de agronomía e ingeniería forestal. Pontificia Universidad Católica de Chile. pp. 159-168.
7. Hidalgo, L. 1993. Tratado de viticultura. Ediciones mundi-prensa. Madrid, España.
8. Irrázaval, P. 2001. MRI Chile. (<http://www.mri.cl/main/esp/index.htm>)
9. Larrea, A. 1981. Viticultura básica. Editorial Aedos. Barcelona, España.
10. Liang, Z., Lauterbur, P. 2000. Principles of Magnetic Resonance Imaging. A signal Processing Perspective. IEEE, Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., New York.
11. Martínez de Toda, 1991. Biología de la vid, Fundamentos biológicos de la viticultura. Editorial mundi-prensa. Madrid, España.
12. McCarthy, M. 1994. Magnetic Resonance Imaging in Foods. Chapman & Hall, Inc. United States of America.
13. Marro, M. 1989. Principios de viticultura. Ceac Ediciones. Barcelona, España.
14. Mullins, M., Bouquet, A., Williams, L. 1992. Biology of the Grapevine. Cambridge University Press, New York.
15. Nelson, K. 1979. Harvesting and handling California table grapes for market. University of California, Division of Agricultural Sciences. Berkeley, United States.
16. Nishimura, D. 1996. Principles of Magnetic Resonance Imaging. Department of Electrical Engineering. Stanford University.
17. Pérez-Camacho, F. 1992. La uva de mesa. Ediciones mundi-prensa. Madrid, España.
18. Pérez, J. 2002. Instrumentación en procesos de vinificación. Tópicos de actualización en viticultura y enología. Colección de extensión, Julio - 2002. Facultad de agronomía e ingeniería forestal. Pontificia Universidad Católica de Chile. pp. 2-15.
19. Reynier, A. 1989. Manual de viticultura. Editorial mundi-prensa. Madrid, España.
20. Ribéreau-Gayon, J., Peynaud, E. 1971. Sciences et techniques de la vigne. Tomo I: Biologie de la vigne sols de vignobles. Dunod. París, Francia.
21. Weaver, J. 1981. Cultivo de la uva. Editorial Continental. México.
22. Winkler, A. 1965. Viticultura. Editorial Continental. México.